

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

**GRADO EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**



**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**Evaluación de la huella de carbono en el sector transporte en España debida a los vehículos diésel e impacto en el medio ambiente.**

Autor: Javier Moreno Calvo

Tutora: Dra. Vanessa Zorrilla Muñoz

Leganés, Octubre de 2016



A mi madre, por hacerme ser quién soy hoy.

A mi padre, por su apoyo incondicional y por ser mi mayor fan.

A mis amigos, por hacerme fuerte.

A Beatriz Ch, por su inestimable ayuda.

*"Las ciencias tienen las raíces amargas, pero muy dulces los frutos"*

*Aristóteles*

## Resumen

El sector transporte se ha convertido en uno de los pilares principales tanto económico como social para la mayoría de países industrializados. Hoy en día, el conjunto de la ciudadanía convive muy estrechamente junto con todo tipo de vehículos, ya sea a nivel de usuario como a nivel de peatón. Los motores de combustión interna que propulsan estos vehículos que inundan nuestras ciudades llevan asociados emisiones contaminantes, muy nocivas para la salud humana y para el medio ambiente. Entre estas repercusiones destacamos el problema del cambio climático, un fenómeno capaz de comprometer seriamente el bienestar futuro del planeta Tierra y de sus habitantes. Es por todo esto por lo que en el presente trabajo se recalcará la enorme responsabilidad social que tienen las grandes empresas de la automoción, y analizaremos un tema de intensa actualidad, como es el escándalo sobre emisiones contaminantes acometido recientemente por el fabricante automovilístico Volkswagen.

En primer lugar se desarrollará la problemática del cambio climático, y se presentará un breve resumen de su marco regulador. Posteriormente se desglosará el escándalo de las emisiones de Volkswagen con los datos conocidos hasta la fecha, con el objetivo de dar a conocer los detalles generales del caso, y en concreto los concernientes a España. En este contexto se realizará un cálculo de la huella de carbono en España del sector transporte, durante el período temporal 2008-2014. El cálculo, que recoge el período con datos disponibles durante el cual se fabricaron y vendieron vehículos con irregularidades asociadas a sus emisiones, se centrará en los vehículos de gasóleo, ya que fue el conjunto de vehículos afectado mayoritariamente por el escándalo. Se empleará el método del cálculo de la huella de carbono para analizar la sensibilidad del fraude en términos de cantidades de dióxido de carbono, para estimar el significado medioambiental real que supondría un caso en el que todos los turismos del parque nacional de vehículos estuvieran sujetos a un engaño de la magnitud del acontecido con Volkswagen.

Por otro lado, siguiendo con la línea divulgativa comenzada con el desarrollo de la problemática del cambio climático, se abordarán brevemente conceptos básicos asociados

al mundo del vehículo, con el fin de extender conocimientos con los que cualquier usuario debería estar familiarizado, tales como componentes básicos de un motor o principales diferencias entre gasolina y gasóleo.

Finalmente se presentarán una serie de medidas asociadas al transporte con el objetivo de contribuir a la reducción de emisiones contaminantes de los vehículos, y con ello al ahorro energético, económico y por su puesto a la preservación del medio ambiente.

## Glosario de Acrónimos

<b>AEMET</b>	Agencia Estatal de Metereología
<b>CIS</b>	Centro de Investigaciones Sociológicas
<b>CMNUCC</b>	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
<b>CO</b>	Monóxido de carbono
<b>EAA</b>	Environmental European Agency
<b>EPA</b>	Environmelntal Protection Agency
<b>FE</b>	Factor de Emisión
<b>GEI</b>	Gases de Efecto Invernadero
<b>GEILV</b>	Gases de Efecto Invernadero de Larga Duración
<b>HC</b>	Huella de Carbono
<b>HC</b>	Hidrocarburos
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística
<b>INECC</b>	
<b>KVR</b>	Kilómetros Vehículo Recorrido
<b>MCE</b>	Motor de Combustión Externa
<b>MCI</b>	Motor de Combustión Interna
<b>MCIA</b>	Motor de Combustión Interna Alternativo
<b>MEC</b>	Motor de Encendido por Compresión
<b>MEP</b>	Motor de Encendido Provocado
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>ONU</b>	Organización de Naciones Unidas
<b>PCI</b>	Poder Calorífico Inferior
<b>PHEWE</b>	Evaluación y Prevención de los efectos agudos en salud por las condiciones climáticas en Europa
<b>PIB</b>	Producto Interior Bruto
<b>PK</b>	Protocolo de Kioto
<b>PM</b>	Particulate Matter
<b>TFG</b>	Trabajo Fin de Grado
<b>UE</b>	Unión Europea
<b>UNFCCC</b>	Convención Marco de Naciones Unidas

# Índice de Contenidos

<b>Capítulo 1: Presentación del trabajo</b>	<b>1</b>
1. Introducción	2
2. Objetivos	4
3. Motivación	5
4. Estructura del trabajo	6
<b>Capítulo 2: Problemática del cambio climático</b>	<b>9</b>
1. Efecto invernadero	12
1.1 Introducción al efecto invernadero	12
1.2 Gases de Efecto Invernadero	13
1.3 Tipos de Gases de Efecto Invernadero	14
2. Actualidad cambio climático	18
2.1 A nivel global	18
2.2 A nivel nacional	22
3. Sociedad y cambio climático	27
3.1 Concienciación de la población	29
3.2 Otros dos puntos de vista	31
4. Organismos implicados en la lucha contra el cambio climático	35
5.1 A nivel nacional	36
5.2 A nivel internacional	38
<b>Capítulo 3: Marco Regulador</b>	<b>40</b>
1. La ONU y el Protocolo de Kioto	41
2. La Unión Europea como actor comprometido	43
2.1 Sistema EURO de reducción de emisiones	43
2.2 Hoja de ruta de la Energía UE para 2050	47
<b>Capítulo 4: Fundamentos de motores de combustión interna</b>	<b>49</b>
1. Introducción	50
2. Conceptos previos	50
2.1 Definiciones previas	50
2.2 Partes básicas de un motor. Transmisión de movimiento	52
3. Clasificación de los motores	62
4. Rendimiento y consumo gasolina VS diésel	70
<b>Capítulo 5: Escándalo Volkswagen</b>	<b>73</b>
1. Grupo Volkswagen	75
1.1 Historia del grupo Volkswagen	75
1.2 Peso en el mercado del grupo Volkswagen	77
2. Crónica del escándalo sobre emisiones NOx	80
2.1 Destape del escándalo	80
2.2 ¿Qué hizo exactamente Volkswagen?	80
2.3 Magnitud inicial del escándalo	82
2.4 El problema crece	83
3. Escándalo Volkswagen en España	84
4. El engaño se extiende a emisiones de CO2	87

5.	Baile de cifras y problemática de CO2 en España .....	90
6.	Pruebas de emisiones/vehículos en laboratorio .....	91
6.1	Tipos de emisiones en los vehículos .....	92
6.2	¿En qué consiste una prueba de emisiones en un vehículo? .....	93
6.3	Panorama actual de ciclos de test de emisiones en la Unión Europea ...	96
6.4	Contraste entre mediciones en laboratorio y el mundo real .....	98
7.	Otros escándalos .....	103
<b>Capítulo 6: Metodología .....</b>		<b>105</b>
1.	Cálculo de la Huella de Carbono .....	106
1.2	Huella de carbono y procedimiento de cálculo .....	106
1.3	Hipótesis generales para el cálculo de la HC .....	109
1.4	Metodología de datos de partida para cada tipo de vehículos .....	110
1.5	Escenarios considerados .....	114
<b>Capítulo 7: Resultados .....</b>		<b>115</b>
1.	Introducción .....	116
1.	2. Cálculo de la HC de vehículos diésel en España .....	116
2.1	Datos generales de partida .....	116
2.3	Datos para turismos .....	117
2.3	Datos para autobuses .....	121
2.4	Datos para camiones y furgonetas .....	122
2.4	Datos para motocicletas y ciclomotores .....	122
2.5	Resultados para el cálculo de la HC .....	123
<b>Capítulo 8: Alternativas para la reducción de emisiones contaminantes debidas al sector transporte .....</b>		<b>133</b>
1.	Introducción .....	134
2.	Conducción eficiente .....	134
3.	Uso de combustibles alternativos .....	138
4.	Renovación de la edad del parque de vehículos .....	140
5.	Empleo de instrumentos de medición .....	140
<b>Capítulo 9: Conclusiones .....</b>		<b>143</b>
<b>Capítulo 10: Presupuesto .....</b>		<b>147</b>
<b>Bibliografía .....</b>		<b>148</b>



# Índice de Ilustraciones

<b>Ilustración 1:</b> Temperatura media anual en la Península Ibérica e Islas Baleares en el período 1965-2010 [24].....	24
<b>Ilustración 2:</b> Anomalías en la temperatura media anual en España en el período 1869-1999 [24].....	25
<b>Ilustración 3:</b> Limitaciones en vehículos diésel según las distintas normas Euro (g/km) [36].....	44
<b>Ilustración 4:</b> Limitaciones en vehículos gasolina según las distintas normas Euro (g/km) [36].....	45
<b>Ilustración 5:</b> Bloque de un motor V8.....	53
<b>Ilustración 6:</b> Culata de un motor diésel.....	54
<b>Ilustración 7:</b> Junta de culata.....	55
<b>Ilustración 8:</b> Junta de culata de un motor Mercedes-Benz .....	55
<b>Ilustración 9:</b> Bancada de motor.....	56
<b>Ilustración 10:</b> Cáster de un motor .....	57
<b>Ilustración 11:</b> Colectores de admisión y de escape .....	57
<b>Ilustración 12:</b> Despiece de un motor con sus partes básicas.....	58
<b>Ilustración 13:</b> Pistón.....	60
<b>Ilustración 14:</b> Biela.....	61
<b>Ilustración 15:</b> Cigüeñal .....	62
<b>Ilustración 16:</b> Representación gráfica de regulación de carga de motor cuantitativa .....	63
<b>Ilustración 17:</b> Representación gráfica de carga de motor cualitativa .....	64
<b>Ilustración 18:</b> Motor con disposición de cilindros en línea [30].....	66
<b>Ilustración 19:</b> Motor con disposición de cilindros en V [30].....	67
<b>Ilustración 20:</b> Motor con disposición de cilindros horizontal [30].....	68
<b>Ilustración 21:</b> Vehículos con disposiciones de motor delantera longitudinal (izq.) y delantera transversal (dcha.) [31] .....	69
<b>Ilustración 22:</b> Vehículo con disposición de motor trasera central.....	70
<b>Ilustración 23:</b> Mapa de relaciones entre grupos automovilísticos [39] .....	78
<b>Ilustración 24:</b> Esquema resumen de falseamiento de emisiones de NOx por Volkswagen [48].....	82
<b>Ilustración 25:</b> Régimen de velocidades (km/h) y tiempos en un test NECD [66]. ....	97
<b>Ilustración 26:</b> Gráfico que muestra la tendencia del rodaje medio por año y vehículo en España[88].....	112
<b>Ilustración 27:</b> Comparativa de emisiones de CO2 en Caso A entre los escenarios más favorable y menos favorable teniendo en cuenta las propiedades del combustible. ....	127
<b>Ilustración 28:</b> Ejemplo de ahorro de combustible en un turismo debido a la conducción eficiente [60].....	135
<b>Ilustración 29:</b> Variación en el consumo instantáneo de un turismo en relación a la marcha empleada en la conducción [60]. ....	136

# Índice de Tablas

<b>Tabla 1:</b> Resumen de ventas por años del grupo Volkswagen .....	78
<b>Tabla 2:</b> Vehículos afectados en España por marcas por el escándalo Volkswagen [56]...	86
<b>Tabla 3:</b> Modelos supuestamente afectados por irregularidades en las emisiones declaradas de Co2 [59]. .....	88
<b>Tabla 4:</b> Propiedades del Gasóleo [29] [69]. .....	116
<b>Tabla 5:</b> Consumos medios turismos más vendidos 2008.....	117
<b>Tabla 6:</b> Consumos medios turismos más vendidos 2009.....	117
<b>Tabla 7:</b> Consumos medios turismos más vendidos 2010.....	118
<b>Tabla 8:</b> Consumos medios turismos más vendidos 2011.....	118
<b>Tabla 9:</b> Consumos medios turismos más vendidos 2012.....	119
<b>Tabla 10:</b> Consumos medios turismos más vendidos 2013.....	119
<b>Tabla 11:</b> Consumos medios turismos más vendidos 2014.....	120
<b>Tabla 12:</b> Consumos medios totales turismos. ....	120
<b>Tabla 13:</b> Media de kilómetros recorridos al año por los turismos. ....	121
<b>Tabla 14:</b> Media de kilómetros recorridos al año por autobuses. ....	121
<b>Tabla 15:</b> Media estimada de kilómetros recorridos al año por camiones y furgonetas. ..	122
<b>Tabla 16:</b> Media estimada de consumo de combustible de camiones y furgonetas. ....	122
<b>Tabla 17:</b> Media estimada de kilómetros recorridos al año por motocicletas y ciclomotores. ....	122
<b>Tabla 18:</b> Media estimada de consumo en motocicletas y ciclomotores.....	123
<b>Tabla 19:</b> Consumo anual de combustible [t/año] Caso A para situación más desfavorable. ....	124
<b>Tabla 20:</b> Consumo anual de energía [TJ/año] Caso A para situación más desfavorable.	125
<b>Tabla 21:</b> Consumo de CO2 [ktCO2/año] para Caso A situación más desfavorable. ....	125
<b>Tabla 22:</b> Consumo anual de combustible [t/año] Caso A para situación más favorable.	126
<b>Tabla 23:</b> Consumo anual de energía [TJ/año] Caso A para situación más favorable. ....	126
<b>Tabla 24:</b> Consumo de CO2 [ktCO2/año] para Caso A situación más favorable. ....	127
<b>Tabla 25:</b> Resultados de consumo anual de combustible [t/año] para el Caso B más desfavorable.....	128
<b>Tabla 26:</b> Resultados de consumo anual de energía [TJ/año] para el Caso B más desfavorable.....	129
<b>Tabla 27:</b> Resultados de consumo anual de CO2 [ktCO2/año] para el Caso B más desfavorable.....	129
<b>Tabla 28:</b> Diferencia de CO2 emitido al variar el consumo en turismos [kt/CO2]. ....	130
<b>Tabla 29:</b> Resultados de consumo anual de combustible [t/año] para el Caso B más favorable. ....	131
<b>Tabla 30:</b> Resultados de consumo anual de energía [TJ/año] para el Caso B más favorable. ....	131
<b>Tabla 31:</b> Resultados de consumo anual de CO2 [ktCO2/año] para el Caso B más favorable. ....	131
<b>Tabla 32:</b> Regímenes de revoluciones para el cambio de marcha en turismos [61]. ....	136
<b>Tabla 33:</b> Resumen de presupuesto del proyecto. ....	147

# Capítulo 1: Presentación del trabajo

# 1.Introducción

El transporte es un sector que desempeña un papel fundamental en el desarrollo económico, cultural y social de cualquier región industrializada [1].

El sector del transporte en España conforma un pilar de vital y creciente importancia para el sustento estratégico del comercio, la industria y la movilidad de las personas. Representa una alternativa ante la concepción de España como mero destino turístico, evitando que la economía del país se base principalmente en este sector. También representa la posibilidad de retener la actividad económica y generar nueva en un marco en el que Europa tiende a ser habitual importador de mercancías, especialmente de China y de Oriente Próximo [2].

En resumen, contribuye a la mejora de la competitividad de nuestro país, un país, que por su situación geográfica periférica con respecto a otros países de la UE necesita que este sector esté en constante mejora, tanto infraestructural, como técnica y logística.

Sin embargo, a menudo se desconoce la magnitud de la aportación del sector transporte a la economía española. La posición geográfica de España, a pesar de exterior con respecto al resto de la UE, es privilegiada. Constituye un puente entre Europa, África y América Latina, lo que otorga un carácter especialmente destacado a los servicios del transporte y aumenta el potencial de crecimiento de tal actividad [2].

La importancia del sector transporte queda reflejada en su peso en el tejido productivo. En términos de Valor Añadido Bruto, la contribución del sector a la riqueza nacional se sitúa en el 4,2%, ratio que se ha mantenido entre los años 2005 a 2009, siendo el 2009 el último del que se dispone información sectorial detallada. Sin embargo, en los últimos años el sector habría ganado peso en la economía, situándose en alrededor del 4,8% en 2011.

El sector cuenta con 205.738 empresas en 2012, lo que supone un 6,4% del total de empresas de España. La inversión en 2010 supuso cerca de 12.418,3 millones de euros. A pesar del repunte negativo sufrido en 2008 a causa de la crisis, el sector transporte sigue contribuyendo de manera activa y creciente al stock de capital de nuestro país, y con ello favorece el crecimiento activo de la economía española.

El transporte comprende diversas subcategorías, sean el desplazamiento por carretera, ferrocarril, aérea y marítima. Se hará hincapié en el desplazamiento por carretera principalmente a lo largo de este TFG, ya que el mismo gira en torno a las emisiones en motores diésel. Para hacernos una idea de su peso en el contexto del sector, señalamos que el transporte de mercancías en España es en su inmensa mayoría por carretera, concentrando, a mayo de 2012, el 95% de su volumen. Por otro lado, en lo que a desplazamiento de personas se refiere, el medio más utilizado es, por supuesto, el terrestre, concentrando a algo menos del 90% (89,4%) de los viajeros en 2012 [1].

Se ha de seguir de seguir velando por el crecimiento del transporte en España, pero no sin descuidar otros aspectos intrínsecos a él. Al hablar de transporte no se puede dejar de hablar también de salud y sostenibilidad medioambiental. Una de las principales ventajas del motor diésel es su mayor eficiencia energética, sin embargo, la naturaleza de su proceso de combustión supone un problema adicional al de las emisiones contaminantes. Aunque este tipo de motores emitan menos cantidad de hidrocarburos (HC) y monóxido de carbono (CO) que sus homólogos de gasolina o gas natural, sus emisiones de óxidos de nitrógeno y material particulado (PM) son muy superiores [3]. Según señala un informe sobre la influencia del tráfico rodado en la calidad del aire, es el diésel el responsable del 70% de las emisiones de NO<sub>2</sub> en las ciudades, y la parte que respiramos los ciudadanos proviene en un 90% del tránsito de vehículos [3].

Las consecuencias generadas por un sistema de emisiones descontrolado son fatales tanto para la salud pública como para la medioambiental. Varios informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS) nos alertan en este aspecto. La Unión Europea estima que por efectos de la contaminación local, principalmente por partículas en suspensión en el aire de pequeño tamaño, se producen cada año del orden de 250.000 muertes prematuras, de las cuales más de 16.000 ocurren en España [4]. Se pone así en riesgo la vida de los ciudadanos, especialmente de los grupos de población más desprotegidos, como son niños, ancianos y personas con problemas respiratorios.

Además, los gases que resultan de la combustión tanto en motores gasolina como en motores diésel, están entre los denominados gases de efecto invernadero (GEI). Estos gases acentúan el efecto invernadero en nuestra atmósfera, lo que favorece una aceleración del

proceso del cambio climático, que traerá consigo consecuencias catastróficas e irreversibles para el planeta, como destrucción de ecosistemas completos, inundaciones, tormentas o fenómenos climáticos bruscos, aumento del nivel del mar, entre otras.

En el contexto actual, la Unión Europea fija ciertos límites a las emisiones de los motores de combustión interna que se usan para el transporte terrestre, pero estos límites no siempre se cumplen. De hecho, según un estudio llevado a cabo en 2010 por las agencias de protección ambiental de Alemania, Suiza y Austria, se demostró que los niveles de emisión en motores diésel eran entre tres y cinco veces superiores a los permitidos en la normativa europea [3]. Por otro lado, las pruebas de emisiones realizadas a los vehículos en el laboratorio no siempre aciertan a reproducir las circunstancias reales de rodaje de los mismos, siendo sus resultados a veces demasiado optimistas.

A estos hechos asumidos por la comunidad científica, tenemos que añadirle el escándalo destapado recientemente en el que la firma fabricante Volkswagen se vio envuelta. En primera instancia se detectaron irregularidades en las emisiones de óxidos de nitrógeno en alrededor de once millones de vehículos. Posteriormente se siguieron detectando graves irregularidades, esta vez en la declaración de emisiones de dióxido de carbono.

Ante esta situación el objetivo es claro, y no es otro que el planteamiento de si es posible una reducción de la cantidad de GEI emitidos. Para ello se pondrán en contexto diferentes factores que afectan al campo del transporte y las emisiones derivadas del mismo, enmarcados dentro de un estudio de la huella de carbono (HC) en España y que tenga en cuenta el escándalo Volkswagen, con el objetivo de adquirir un conocimiento real en lo referente a emisiones derivadas del diésel, y plantear una solución plausible al acuciante problema de la contaminación en las ciudades y el cambio climático.

## 2. Objetivos

El presente trabajo ha sido desarrollado con los objetivos principales que a continuación se enumeran:

- Exponer el marco regulador de emisiones de gases de efecto invernadero en la UE y sus objetivos de cambio y mejora.

- Desglosar la magnitud del escándalo Volkswagen. Determinar su alcance actual y futuro.
- Calcular la huella de carbono en el sector del transporte terrestre en España referente a los vehículos diésel en el período 2008-2014.
- Mediante el método de cálculo de la huella de carbono analizar, en términos de cantidad neta de CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera, y con los datos disponibles sobre el escándalo, la sensibilidad que tendría un engaño de las características mencionadas aplicado a parte del sector transporte en España.
- Describir en rasgos generales el proceso de evaluación de emisiones de motores de vehículos en el laboratorio. Identificar si presentan puntos que puedan alterar los resultados y evaluar si realmente reproducen fielmente las condiciones reales de la circulación del vehículo.
- Proponer y describir soluciones aplicadas al sector transporte orientadas a la reducción de emisiones contaminantes con respecto a las actuales, con vistas a contribuir en la lucha contra el cambio climático.

### 3. Motivación

La idea de abordar este proyecto surge de la inquietud ante un problema de tal magnitud como es el cambio climático en la Tierra. Esta inquietud es compartida cada día por más personas y grupos. A día de hoy se puede observar una tendencia creciente en materia de sensibilización y actuación contra el problema del cambio climático, apoyada tanto por individuos como por colectivos y Gobiernos: campañas de concienciación, planes de incentivos ante uso de energías limpias, afloramiento (aunque muy progresivo) de fuentes de energía alternativas, y una sensación de concienciación colectiva mucho más completa que hace unos años atrás, entre un largo etcétera. A pesar de que se avanza en una buena dirección, a veces es inevitable pensar que nuestros pasos son demasiado cortos, o que se está haciendo un esfuerzo insuficiente. A día de hoy se incumplen compromisos medioambientales a nivel nacional e internacional, no se ha conseguido frenar la tendencia del calentamiento global, y todavía hay informes que reflejan una percepción de pasividad en la materia por parte de organizaciones y Gobiernos.

En el momento en que el ciudadano comienza a interiorizar el problema es inevitable mirar hacia el sector del transporte como uno de los principales focos del cambio climático. En un país industrializado como España, el uso de vehículos y la convivencia con los mismos es algo común, el contacto entre población y vehículos es tan directo que hace del sector transporte un buen punto de partida para la divulgación en materia medioambiental. La realización de este TFG viene motivada por el deseo de dar un paso más allá a la hora de informar, concienciar y aportar soluciones ante un problema que a día de hoy todavía no tiene toda la atención que se merece.

Por otro lado, la responsabilidad social del sector transporte para con la salud y el medio ambiente, hace inadmisibles eventos como el escándalo salido recientemente a la luz sobre emisiones en motores diésel de Volkswagen. Analizaremos la magnitud del problema para ver hasta qué punto afecta a la población un engaño de estas características, comprobaremos el grado de información y veracidad en la misma por parte de los fabricantes a la hora de declarar consumos en sus vehículos, y veremos hasta qué punto se han explicado con transparencia las consecuencias de este escándalo medioambiental.

## **4. Estructura del trabajo**

Para alcanzar los objetivos planteados se comenzará con una descripción y análisis del cambio climático en la Tierra. Se definirá el problema, sus principales causas e implicaciones, tanto para la salud pública como para el medio ambiente, y se expondrán las consecuencias que el sector transporte supone para el mismo. Se abordarán, desde un enfoque tanto nacional como internacional, las consecuencias del cambio climático en numerosos aspectos, y se analizarán las proyecciones futuras de dicho cambio. Se describirán los principales agentes causantes del problema e se introducirá el concepto de Gas de Efecto Invernadero, describiendo los distintos tipos y en qué medida afectan a la problemática. Además, se estudiará la repercusión social en los últimos años, viendo hasta qué punto la sociedad está concienciada, informada, y en situación de poder contribuir positivamente ante el problema. Una sociedad informada, concienciada y con voluntad de cambio es un pilar indispensable en la lucha contra el cambio climático.



Seguidamente, se darán a conocer los principales organismos reguladores tanto nacionales como internacionales involucrados en la prevención y mitigación del cambio climático. Se pondrá en contexto también el marco regulador legislativo actual en materia de cambio climático.

Posteriormente se introducirán unas nociones básicas en cuanto al mundo del motor. Como población en constante contacto con todo tipo de vehículos propulsados a motor, es vital aportar un conocimiento mínimo al respecto. Se definirá el término "motor de combustión interna" y se dará una descripción detallada de los tipos de motores. A su vez, describirán los componentes básicos que conforman el sistema de transmisión de movimiento, una breve comparativa entre los términos "gasolina" y "diésel".

Este estudio se centra en las emisiones diésel en el sector transporte en España, motivado en gran parte a causa del escándalo destapado en 2008 por la Agencia de Protección Ambiental americana (EPA de sus siglas en inglés) sobre el caso Volkswagen, que afectó a un gran número de vehículos, parte de ellos en territorio español. Se describirán de manera detalla tanto el alcance como las implicaciones del escándalo; como en primera instancia, valiéndose de un software, consiguieron que un vehículo pudiéssel identificar cuándo está siendo puesto a prueba en un laboratorio para alterar las cantidades de agentes contaminantes emitidos y cómo a raíz de esta estafa, se destapó otro engaño por parte del gigante alemán en la declaración del consumo de sus vehículos. Se informará sobre las distintas pruebas de verificación de emisiones a las que están sometidas los vehículos antes de su venta, con el fin de analizar hasta qué punto las mismas aportan información verdadera o son susceptibles de ser manipuladas. Por otro lado, una vez destapado un escándalo que afecta a tantos vehículos, se arrojará toda la luz posible sobre las consecuencias reales del engaño y se analizará hasta qué punto difieren las conclusiones a las que se lleguen con la información dada por los responsables.

Para esto, se introducirá el concepto de Huella de Carbono (HC). Una vez definido, se procederá a hacer un análisis de la HC en el sector del transporte diésel en España durante la serie temporal que va del año 2008 al 2014. Se establece este período por ser el 2008 el año a partir del cual empezó el escándalo, y finalizamos en 2014 por ser el último año en el que se cuenta con datos del parque de vehículos de la DGT. Mediante herramientas de

cálculo de HC y una serie de hipótesis consideradas en los cálculos, se identificará una herramienta capaz de analizar la sensibilidad real de un engaño como el acometido por Volkswagen en términos de CO<sub>2</sub>, es decir, una herramienta que ante variaciones en el consumo unitario de un vehículo, pueda proporcionar una idea aproximada de la magnitud de la variación del impacto medioambiental que supone. Este análisis permitirá dar a la población un mayor grado de conocimiento real sobre las consecuencias para la salud y el medio ambiente que puede llegar a tener cualquier estafa en un sector de una responsabilidad social tan elevada como es el automovilístico.

Finalmente se abordarán una serie de posibilidades y alternativas energéticas que existen para mitigar el cambio climático, proponiendo soluciones concretas aplicadas al sector del transporte.

# Capítulo 2: Problemática del cambio climático

Según el IPCC en su cuarto informe, el término “cambio climático” denota un cambio en el estado del clima identificable a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos [5]. Denota todo cambio del clima a lo largo del tiempo, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana. La Convención Marco de las Naciones Unidas, en cambio, describe el cambio climático como un *"cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que viene a sumarse a la variabilidad climática natural observada en períodos de tiempo comparables"* [6].

El clima de la Tierra ha experimentado desde el origen de su existencia un proceso natural y cíclico de cambios de temperatura. El clima mundial está determinado por el equilibrio de la radiación en el planeta. Este equilibrio puede variar de tres formas principales, lo que explica este proceso de cambio.

En primer lugar, por un cambio de la radiación entrante en la atmósfera. Esto se debe tanto a variaciones en la órbita del planeta como a cambios en el propio Sol. En segundo lugar, pueden darse cambios en el albedo terrestre. El albedo es un valor adimensional referido a una superficie que relaciona la cantidad porcentual de radiación reflejada por el conjunto de la superficie terrestre y la atmósfera al espacio con la radiación que recibe el planeta del Sol. Los cambios en esta fracción se pueden deber a variaciones en la concentración de las nubes, o en las partículas denominadas aerosoles, entre otras causas. Por último, existen cambios de temperatura debidos a la variación de la energía de onda larga que se irradia nuevamente al espacio, producida por cambios en las concentraciones de gases de efecto invernadero, que se definirán posteriormente [7]. El cambio climático natural ha sometido al planeta a variaciones radicales en su temperatura, como períodos glaciales acontecidos cada cien mil años [8], pero no se ha encontrado prueba de que este fenómeno natural sea dañino para el ecosistema de una forma irreversible.

Por otro lado, está el impacto antropogénico, - el que viene de la mano del hombre y sus actividades-, en el cambio climático. En la actualidad, existe un consenso científico, casi generalizado, de que el modelo de explotación energético y de producción que se

desató en la revolución industrial y vigente hasta la fecha, está produciendo un nuevo tipo de cambio climático, que además de traer consecuencias nefastas e irreversibles sobre el medio ambiente y la salud, provocará repercusiones políticas y socioeconómicas.

La temperatura media global actual es 0.85°C más elevada que lo que era en el siglo XIX. La comunidad científica fija como umbral un aumento de 2°C en la temperatura media global del planeta en comparación a la temperatura de la era preindustrial. Este valor ha sido acordado universalmente en 2012 [9]. La importancia de los dos grados se resume en cuatro cifras que lo dicen todo: por debajo de ese límite, la exposición a olas de calor se reduciría un 89%, las inundaciones un 76%, el declive de las cosechas un 41% y el estrés hídrico un 26% [10]. Por encima de esa línea, saltan las alarmas: las olas de calor afectarían a la mitad de la población mundial, las sequías serían una constante en el Mediterráneo, la producción de alimentos se reduciría ostensiblemente y se multiplicaría el número de especies en vías de extinción.

A raíz de esto, la meta actual está en no sobrepasar los 2°C de calentamiento en el planeta [9]. Lamentablemente este dato no es lo suficientemente consistente como para tranquilizar a la totalidad del colectivo científico. Investigadores de la revista *Nature* cuestionan hoy la utilidad de la cifra y defienden la necesidad de dejar pensar en el futuro y comenzar a actuar en el presente [11]. Ponen la voz de alarma porque sostienen que el establecimiento de esta cifra no es una panacea que garantice tener el problema totalmente bajo control. En su opinión, no importa si fijamos la cifra en 1,5°C o en 2°C, ya que las medidas a tomar serán las mismas, y el debate es irrelevante [11].

Sostienen que el objetivo de los 2°C fue una decisión política apoyada por la ciencia, pero que ninguna evaluación científica ha recomendado una cifra particular. Su crítica no se centra tanto en la cifra, sino en la demanda de un cambio de perspectiva, y sobre todo, de toma de medidas efectivas. Según el artículo publicado por *Nature*, “*es fácil aceptar metas de las que ningún político será responsable*”. Y aunque los países ya han iniciado procesos nacionales para revertir las emisiones de CO<sub>2</sub>, hasta ahora no se ha conseguido cumplir los objetivos [11].

No solo investigadores de la revista *Nature* cuestionan esta medida. El profesor Nigel Arnell, científico asesor del Gobierno británico mediante el programa Avoid 2, sostiene que

el límite de los 2°C es una manera de simplificar el problema. Además, se trata de un aumento en la temperatura media de todo el planeta, pero países cálidos como España se verían especialmente afectados. Sostiene además, que si continuamos la tendencia actual llegaremos a alcanzar valores entre tres o cuatro grados a finales de siglo [10].

La falta de consenso aparente en un dato como el de los 2°C aceptado universalmente y la sensación por parte de la comunidad científica de que no estamos acometiendo las medidas necesarias para corregir nuestra tendencia actual invitan a la reflexión y a la preocupación.

El primer paso para solucionar un problema es comprenderlo, por eso se desglosará en este capítulo la problemática del cambio climático, analizando con detalle su naturaleza, acciones que se están tomando y repercusiones.

## **1. Efecto invernadero**

### **1.1 Introducción al efecto invernadero**

Para comprender el cambio climático, en primer lugar, definiremos con detalle el término efecto invernadero, ya que es un concepto sobre el cual gira gran parte de la motivación de este TFG. Se llama efecto invernadero al fenómeno por el cual determinados gases, presentes en la atmósfera de la Tierra, retienen parte de la energía reflejada por suelos y océanos al haber sido calentados por el Sol. Afecta a todos los cuerpos planetarios dotados de atmósfera [12].

La mayor parte de la energía que llega a nuestro planeta procede del Sol en forma de radiación electromagnética. El flujo de energía que llega al exterior de la atmósfera es una cantidad fija, llamada constante solar. Su valor es de 1370 W/m<sup>2</sup>. Es decir, si consideramos un metro cuadrado de la parte más externa de la atmósfera, está recibiendo 1370J J/s. Para calcular la energía solar media que llega a la superficie terrestre por metro cuadrado de superficie, multiplicamos la constante solar por el área del círculo de la Tierra y dividimos

este valor por la superficie total del planeta. Así, obtenemos un valor de  $342 \text{ W/m}^2$ , valor denominado constante solar media [12].

Para un período estacionario el sistema climático debe estar en equilibrio, es decir, que la radiación solar entrante en la atmósfera debe compensarse con la radiación saliente. Entendemos un periodo estacionario, de manera muy simplificada, como un sistema conformado por un elemento A, y que tiene una entrada de ese mismo elemento y una salida. El contenido en A del sistema ha de ser constante, por lo que en el momento en que haya un desequilibrio entre entrada y salida de A, el contenido en A del propio sistema se verá descompensado. Así, cualquier desequilibrio en este balance de radiación, ya sea por causas naturales u originado por el hombre, es un forzamiento radiactivo y supone un cambio del clima y del tiempo asociado. Aproximadamente una tercera parte de la energía solar que alcanza la zona superior de la atmósfera terrestre se refleja directamente de nuevo al espacio [7]. Las dos terceras partes restantes son absorbidas por la superficie terrestre y en menor medida por la atmósfera. De la energía irradiada por la Tierra para mantener el balance de radiación, una pequeña parte regresa al espacio a través de la atmósfera cruzando lo que denominamos “ventana atmosférica”, pero la mayor parte de esta es absorbida por los componentes de la atmósfera y re-emitida en todas direcciones [7]. Así, se produce la retención de energía en la atmósfera que origina el Efecto Invernadero.

El Efecto Invernadero es un fenómeno atmosférico natural del planeta para garantizar las temperaturas templadas en el mismo y permitir un clima propicio para el desarrollo de especies y ecosistemas. Tenemos que diferenciar así el Efecto Invernadero dado de forma natural del de origen antropogénico. A través de las actividades humanas, se liberan gran cantidad de agentes a la atmósfera que potencian este fenómeno de manera perjudicial. La energía acumulada en la atmósfera pasa de ser la suficiente para garantizar el clima templado, a ser excesiva, provocando una sobreelevación de la temperatura media del planeta que repercutirá negativamente en el ecosistema global [7].

## 1.2 Gases de Efecto Invernadero

Una vez identificado el fenómeno del efecto invernadero, se va a definir qué es un gas de efecto invernadero (GEI).

De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), se entiende por gas de efecto invernadero aquel componente gaseoso en la atmósfera, tanto natural como antropógeno, que absorbe y reemite parte de la radiación infrarroja incidente del Sol y que ha sido reflejada por la superficie terrestre y océanos. Se establece así la relación existente entre el cambio climático y el efecto invernadero [6].

El factor dominante en el forzamiento radiactivo del clima en la era industrial es el aumento en la concentración en la atmósfera de varios gases de efecto invernadero. La mayoría de los principales gases de efecto invernadero se producen de manera natural, pero el aumento de su concentración en la atmósfera durante los últimos veinte años se debe a actividades humanas [7].

Otros gases de efecto invernadero son únicamente consecuencias de diversas actividades humanas. El aporte de cada gas de efecto invernadero al forzamiento radiactivo durante un período específico de tiempo se determina por el cambio de su concentración atmosférica durante ese período de tiempo y la efectividad del gas para modificar el equilibrio radiactivo [7].

### 1.3 Tipos de Gases de Efecto Invernadero

La concentración actual en la atmósfera de un gas de efecto invernadero es el resultado neto de sus emisiones y eliminaciones pasadas de la atmósfera. A continuación, se expone una clasificación según el cuarto informe del IPCC de los GEI en dos categorías, y los definiremos según [7].

Se pueden clasificar los GEI en dos categorías [13].

- **Gases de Efecto Invernadero de Larga Vida (GEILV):** Son gases químicamente estables que persisten en la atmósfera durante escalas de tiempo desde décadas hasta siglos o más, de modo que sus emisiones ejercen influencias en el clima a largo plazo. Debido a su larga vida, estos gases se mezclan en la atmósfera mucho más rápido de lo que se eliminan. Los GEILV de los que hablaremos son:



○ Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>): Es el elemento que más contribuye al efecto invernadero acentuado (a causa del hombre). En general, responde a más del 60% del efecto invernadero de origen antropogénico, y en los países industrializados representa más del 80% de las emisiones de efecto invernadero. En la Tierra, así como ocurre con el agua, existe una cantidad limitada de carbono que forma parte de un ciclo: el ciclo del carbono. Es un complejo mecanismo en el que el carbono se desplaza, de forma natural, por la atmósfera, la biosfera terrestre y los océanos. Las plantas absorben CO<sub>2</sub> de la atmósfera durante la fotosíntesis, empleando el carbono para constituir sus tejidos. Al morir y descomponerse, lo vuelven a liberar a la atmósfera, así como los animales o los humanos (ya que están compuestos del carbono de las plantas digeridas o de animales que las comen). Los océanos también absorben CO<sub>2</sub> en forma disuelta para uso en la fotosíntesis de la vida marina. Los combustibles fósiles son los restos fosilizados de plantas y animales formados durante millones de años en determinadas condiciones, y por eso contienen una gran cantidad de carbono. Cada año se intercambian miles de millones de toneladas de carbono de forma natural entre la atmósfera, los océanos y la vegetación terrestre. La presencia de este gas en la atmósfera de forma natural se ve acrecentada negativamente por la acción del hombre. Los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera variaron menos del 10% durante los 10.000 primeros años antes de la Revolución Industrial. Desde 1800, sin embargo, las concentraciones han aumentado aproximadamente un 30% por la quema de estos combustibles fósiles, principalmente en países desarrollados, para la obtención de energía. El CO<sub>2</sub> puede permanecer en la atmósfera entre 50 y 200 años, en función de cómo se recicle en la tierra o en los océanos [14]. Es también el gas de referencia para la medición del efecto de otros GEI, y por lo tanto, su Potencial de Calentamiento Mundial es 1 [15].

○ Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O): El óxido nitroso sigue la tendencia del resto de GEILV, en el sentido de que tiene su origen tanto en causas naturales como en causas en las que interviene la actividad humana. El óxido nitroso

se libera de forma natural de los océanos y de las selvas tropicales gracias a las bacterias del suelo. Algunas de las fuentes influidas por el hombre son los abonos a base de nitrógeno, la quema de combustibles fósiles y la producción química industrial que utiliza nitrógeno, como el tratamiento de residuos. En los países industrializados, el N<sub>2</sub>O representa aproximadamente el 6% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Al igual que el CO<sub>2</sub> o el metano, el óxido nitroso es un gas invernadero cuyas moléculas absorben el calor al tratar de escapar al espacio. El N<sub>2</sub>O es 310 veces más efectivo que el CO<sub>2</sub> absorbiendo el calor. Desde el inicio de la Revolución Industrial, las concentraciones de óxido nitroso han aumentado un 16% aproximadamente y han contribuido entre un 4 y un 6% a acentuar el efecto invernadero [14]. El NO<sub>2</sub> puede permanecer en la atmósfera del orden en torno a 110 años [16].

- Metano (CH<sub>4</sub>): El metano es el segundo gas que más contribuye al efecto invernadero acentuado, o provocado por el hombre. Desde el principio de la Revolución Industrial, las concentraciones de metano en la atmósfera se han duplicado y han contribuido un 20% al incremento del efecto invernadero. En los países industrializados el CH<sub>4</sub> representa normalmente el 15% de las emisiones de los GEI. El metano emana tanto de fuentes naturales como debidas al hombre, siendo estas últimas las más abundantes. De forma natural, el metano se genera mediante procesos químicos de digestión en bacterias que se alimentan de material orgánico cuando escasea el oxígeno. En cuanto a fuentes debidas al hombre, tenemos la minería y la quema de combustibles fósiles, el cultivo de animales (el ganado se alimenta de plantas que fermentan en sus estómagos, por lo que exhalan metano, que también está presente en el estiércol), el cultivo de arroz (los arrozales inundados producen metano ya que la materia orgánica en el suelo se descompone sin oxígeno suficiente) y los vertederos, (en los que se da el mismo proceso). En la atmósfera, el metano retiene el calor y es 23 veces más efectivo que el CO<sub>2</sub>, aunque su ciclo de vida es sin embargo más breve, entre 10 y 15 años [14].

- **Gases de Efecto Invernadero de Corta Vida (GEICV):** Los gases de corta vida son químicamente reactivos y se eliminan generalmente mediante procesos naturales de oxidación en la atmósfera, o gracias a las precipitaciones. Por eso sus concentraciones son muy variables.

- *Vapor de agua ( $H_2O$ ):* Es el principal gas de efecto invernadero, responsable de dos terceras partes del efecto invernadero natural. Las actividades humanas no añaden vapor de agua a la atmósfera, pero el aire calentado puede retener mucha más humedad, por lo que el aumento de las temperaturas, con el consiguiente aumento de la evaporación en los océanos, intensifica aún más el cambio climático en un proceso que se retroalimenta cíclicamente [14].

- *Gases fluorados de efecto invernadero:* Son los únicos gases que no se producen de forma natural, sino que han sido desarrollados por el hombre con fines industriales. Representan alrededor del 15% de las emisiones de gases invernadero en los países industrializados. Son extremadamente potentes, pueden retener el calor hasta 22.000 veces más eficazmente que el  $CO_2$ . Los gases fluorados de efecto invernadero incluyen los hidrofluorocarbonados (HFC), usados en refrigeración, hexafluoruro de azufre ( $SF_6$ ), que se usa por ejemplo en la industria electrónica y los perfluorocarbonados (PFC), que se emiten durante la fabricación de aluminio y también son usados en la industria electrónica. También pertenecen a este grupo los clorofluorocarbonados (CFC), que aparte de contribuir al efecto invernadero, dañan la capa de ozono.

- *Ozono ( $O_3$ ):* El ozono es un gas cuya presencia es natural en la atmósfera y está muy ligado a los gases fluorados de efecto invernadero. Algunos de estos gases, que son estables en la atmósfera baja, se descomponen debido a los altos niveles de radiación UV en la estratosfera. Los agentes resultantes de esta descomposición participan en una compleja serie de reacciones que conducen al agotamiento del ozono. El ozono, además de constituir un filtro a la radiación UV-B del Sol, es un gas de

efecto invernadero, influyendo en el mantenimiento del balance térmico global del planeta. Aunque el agotamiento de la capa de ozono reduzca el efecto invernadero, implica una mayor exposición a las radiaciones UV-B. Esto podría alterar el ciclo de los gases con efecto invernadero, como el CO<sub>2</sub>, de modo que podría acentuar el calentamiento mundial. En concreto, el incremento de las UV-B podría suprimir la producción primaria de las plantas terrestres y el fitoplancton marino, reduciendo así la cantidad de dióxido de carbono que absorben de la atmósfera [17].

## 2. Actualidad cambio climático

En este apartado se describen las distintas repercusiones del cambio climático, de forma general, tanto a nivel global como a nivel nacional.

### 2.1 A nivel global

Los cambios en las condiciones atmosféricas tienen un efecto más que evidente en los procesos físicos y químicos en los diversos estratos terrestres. El IPCC en su Quinto Informe de Evaluación aseguró que el cambio climático es irrefutable ya que se han observado cambios en los registros históricos del clima sin precedentes si se comparan con los registros de mediados del siglo XIX e incluso con los registros referidos a los últimos milenios [6].

Según el sitio web de especialistas en materia de cambio climático global [18] entre las consecuencias más inmediatas y destacables se encuentran:

- Incremento en la temperatura promedio del planeta y temperaturas extremas:

Como ya se ha comentado anteriormente en este TFG, el aumento de la concentración de GEI en el planeta hace que la temperatura promedio de la atmósfera aumente. En los últimos 100 años la temperatura promedio del planeta ha aumentado 1.5 °C. Este incremento de temperatura ya de por sí es un problema. Las muertes por altas temperaturas en varias partes del planeta han aumentado, llegando

a un alarmante número de 2.000 muertes en el año 2014. Asimismo, esta subida de temperatura está causando severos cambios en diversos procesos y ecosistemas del planeta. El destino de los seres vivos está ligado a la suerte de los ecosistemas que habitan. Muchas criaturas han cambiado sus rutas migratorias por los cambios de temperatura en sus ecosistemas acostumbrados. La selva del Amazonas es un ejemplo de ecosistema en grave amenaza. Se ha reportado que el incremento de la temperatura ha generado una sequía devastadora. Se predice que este aumento empeorará y la sequía disminuirá la cobertura del Amazonas hacia un 65% para el año 2090 [19]. Proyecciones del IPCC [7] indican que si la temperatura aumentara 3.5°C, podrían presentarse extinciones masivas, alcanzando entre el 40% y el 70% de especies conocidas a nivel mundial.

- Deshielo y reducción de las capas polares: El deshielo es el fenómeno por el cual en una región donde suelen formarse y mantenerse grandes capas de hielo, se dan temperaturas extraordinariamente elevadas que causan la pérdida de volumen y densidad en estas capas. Este fenómeno se ha estado presentando con frecuencia en los últimos años en las zonas más gélidas del mundo. Actualmente el Océano Ártico sufre de este fenómeno. Este proceso se ha acelerado a tal ritmo que se calcula que en pocos años la capa de hielo desaparecerá completamente durante los meses de verano [18].

- Aumento del nivel del océano y acidificación de las aguas: Con el fenómeno del deshielo se evidencia otra consecuencia del calentamiento global, la subida del nivel de los océanos. Varias organizaciones han anunciado que el nivel de los océanos ha aumentado en los últimos años alrededor de 3mm por año, cifra que se ha duplicado desde el siglo XX, cuando el aumento era de 1.6 mm por año. Varios países actualmente se encuentran en estado de alerta, ya que, si la subida del nivel del océano no se detiene, estos perderán parte de su territorio ante las aguas, como es el caso de Vanuatu, las Islas Maldivas y Kiribati entre otros. Otro problema consecuente del deshielo es la acidificación de las aguas, proceso que consiste en el descenso del nivel de pH de los océanos producto de la absorción de CO<sub>2</sub> por parte de los mismos de la atmósfera. A mayor deshielo, mayor volumen de agua, por tanto la cantidad de CO<sub>2</sub> absorbida por los océanos se incrementará. Aunque la

absorción de GEI por parte de los océanos ayuda a mitigar la acumulación de estos gases, los ecosistemas marinos sufrirán las consecuencias. Los primeros organismos marinos afectados son las calcáreas, las cuales, al aumentar la concentración de pH del agua son vulnerables a la disolución de sus cubiertas cálcicas. Se estima que muchos otros organismos, tanto peces como mamíferos marinos se verán afectados por este cambio de pH en el agua [18].

- Súper tormentas y fenómenos climáticos extraordinarios: El calentamiento global puede causar cambios extremos en el clima. En un hemisferio del planeta se están experimentando los veranos más cálidos de la historia mientras que en otros se viven los inviernos más fríos. Esto se debe a que con el aumento incontrolado de la temperatura global, las corrientes de aire en la atmósfera se movilizan causando cambios en el flujo de aire caliente en los hemisferios de la Tierra. Esto desemboca en heladas y nevadas fuera de temporada, así como en sequías en plena temporada de lluvia o inusitadas olas de calor. Las supertormentas son otro fenómeno a considerar. De acuerdo a varios estudios, la frecuencia e intensidad con las que se producen estos eventos climáticos ha aumentado considerablemente, de forma que hoy es mucho más probable que se produzca un huracán de intensidad 5 de lo que lo era hace 50 años. Estudios de la Universidad de California revelan que la intensidad de las tormentas eléctricas en el hemisferio norte ha aumentado, produciendo hasta un 50% más de rayos que tocan tierra en los Estados Unidos.

A pesar de todas estas consecuencias, el cambio climático no puede considerarse un fenómeno exclusivamente ambiental, sino que han de contemplarse también las profundas consecuencias económicas y sociales, y en especial sobre la salud pública.

A continuación, se describen los principales focos de afectación del cambio climático en la salud pública [20].

- Temperaturas extremas y salud: La relación entre salud y temperatura no es inmutable, sino que está regulada por un complejo número de variables económicas, sociales, culturales y sanitarias y tiene forma de V o de U. Una variable de especial importancia es el índice de envejecimiento. En el marco del proyecto europeo

PHEWE se ha estudiado el posible incremento de mortalidad en el horizonte del año 2030 según diferentes escenarios del IPCC, y se concluye que la media de la fracción atribuible de muertes por calor será de un 2%. Las olas de frío también castigarán impactando en la mortalidad a aquellas zonas con inviernos más templados, en los que la adaptabilidad fisiológica de sus habitantes como la adaptabilidad física de las ciudades no están tan preparados para soportar las olas de frío. Señalamos también distintos focos de vulnerabilidad. Por un lado, hay que tener en cuenta el envejecimiento de la población, ya que la vulnerabilidad biológica se traducirá en un mayor efecto en la mortalidad en aquellas zonas donde la proporción de población mayor sea más importante [20]. Por otro lado, las temperaturas extremas no afectarán por igual a todas las zonas, siendo países como España, por su clima mediterráneo más susceptibles de sufrir las consecuencias acrecentadas de estas olas de calor.

- Impacto del cambio climático en el agua y la salud: El calentamiento global observado en las últimas décadas está asociado a variaciones en ciertos componentes del ciclo hidrológico. Estas variaciones incluyen cambios en las pautas, intensidades y valores extremos de precipitación; en la fusión generalizada de la nieve y hielo; en el aumento del vapor de agua atmosférico y aumento de variaciones de la humedad del suelo. El impacto en la salud consecuencia del efecto del cambio climático en el agua se produce de modo indirecto. Se prevé que la intensificación de las alteraciones sobre el ciclo hidrológico impactará con fuerza en la calidad del agua, y por tanto, en la salud de quienes la consuman, de aquellos que no tengan acceso, o de quienes no cuenten con sistemas de tratamiento adecuados para garantizar la calidad necesaria de la misma para el consumo. Entre los efectos en la salud de los episodios de sequía destaca un mayor riesgo de enfermedades de transmisión hídrica, una menor capacidad de producción agrícola, que en muchas zonas puede derivar en malnutrición y mortalidad de la población, y variaciones en la incidencia de enfermedades de transmisión vectorial. Además estos episodios de sequía se asocian a tormentas de polvo con efectos nocivos para la salud respiratoria. En este apartado, también se destaca la variabilidad en la

vulnerabilidad con respecto a este impacto, viéndose afectados más gravemente zonas con menos recursos hídricos.

- Impacto del cambio climático en el aire y la salud: Se estima que la contaminación atmosférica, riesgo medioambiental para la salud, causa alrededor de 3,2 millones de muertos al año en todo el mundo. La OMS hace años que considera la contaminación atmosférica una de las prioridades mundiales. La contaminación atmosférica incide en la aparición y agravamiento de las enfermedades respiratorias, cardiovasculares y cánceres. En los adultos, el asma, la EPOC y el cáncer de pulmón son tres enfermedades importantes relacionadas con la contaminación atmosférica. La mayor parte de las personas están expuestas a la contaminación atmosférica y en particular aquellos que residen en ciudades. Entre los grupos poblacionales más vulnerables desde un punto de vista biológico destacan los ancianos, las personas de salud comprometida (que padezcan bronquitis, enfermedades cardiovasculares), niños y mujeres embarazadas.

- Impacto del cambio climático y enfermedades transmitidas por vectores: Los cambios en el clima pueden influir sobre la frecuencia y distribución a nivel global de las enfermedades transmitidas por vectores, así como en la dinámica estacional de patógenos, hospedadores y reservorios.

## 2.2 A nivel nacional

A pesar de que el calentamiento global sea un fenómeno que afecta a todo el planeta, sus repercusiones no son las mismas en todas las zonas. Algunos países son más vulnerables que otros a las consecuencias del cambio climático. Para esto, existen razones de exposición y de sensibilidad. La exposición a la variación climática la determina principalmente la geografía de la zona. Así, por ejemplo, un país costero se verá más afectado por subidas del nivel del mar y exposición a tormentas y ciclones, mientras que las zonas semiáridas están más expuestas a la sequía. Por otro lado, la sensibilidad es el grado por el cual una zona o comunidad se ve afectada por el estrés climático. Respecto a la



sensibilidad entran en juego muchos aspectos. El poder económico de un país, o la disposición de recursos naturales son dos de ellos. Así, una dependiente de la agricultura de secano es mucho más sensible a los cambios en los patrones del clima en que una comunidad cuya actividad predominante es la minería. De la misma manera, un ecosistema árido o semiárido se verá más castigado por una disminución sensible de las precipitaciones originada por el cambio climático en comparación a una zona con clima tropical [21].

España, por sus características geográficas y socioeconómicas, es muy vulnerable al cambio climático [22].

A grandes rasgos, las consecuencias sufridas por España a causa del cambio climático son las mismas que en el resto del planeta: subida generalizada de las temperaturas, subida del nivel del mar, alteraciones en los ciclos migratorios y ecosistemas, fenómenos climáticos extraordinarios y riesgo potencial de sequías entre otros.

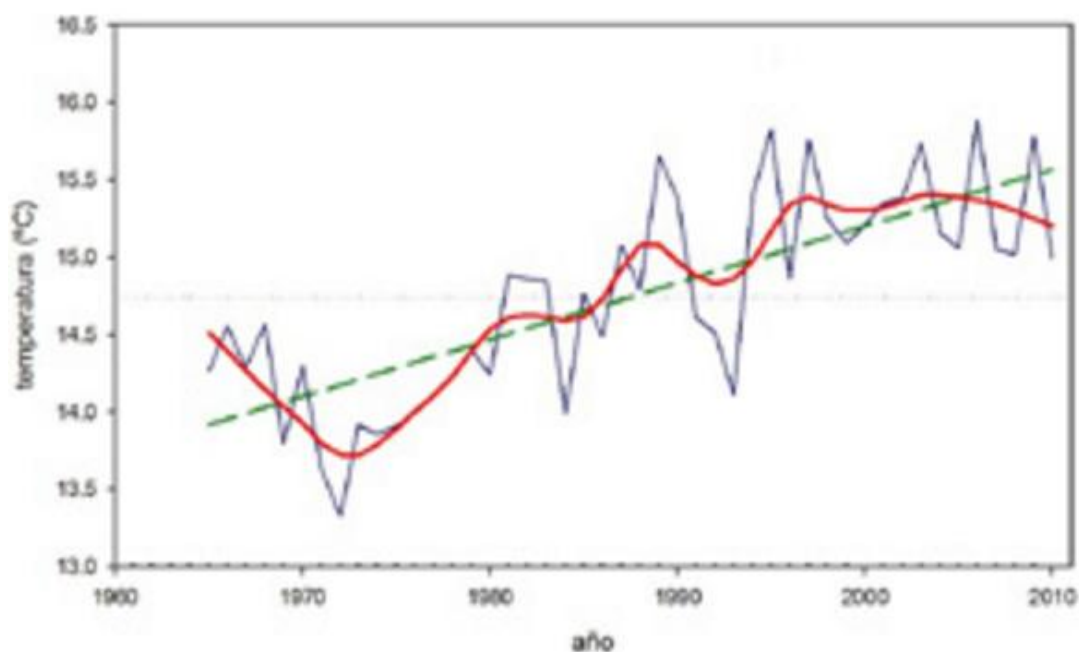
Algunas de estas consecuencias ya se están haciendo notar. A continuación, se muestra un glosario con las más destacadas.

- Aumento de la temperatura en España: El clima de España presenta grandes variaciones a lo largo de su territorio debido a su compleja topografía y situación geográfica. Las diferencias de los valores medios anuales de temperatura superan los 18°C en territorio peninsular y el rango de precipitaciones anuales abarca desde los 150 mm hasta los 2.500 mm. A ello se suma la elevada variabilidad climática interanual y la notable variabilidad diaria [23].

A pesar de ser un país de fuertes contrastes climáticos, llegamos a la conclusión de que las temperaturas (durante el siglo XX y particularmente desde la década de los 70) han aumentado de forma general.

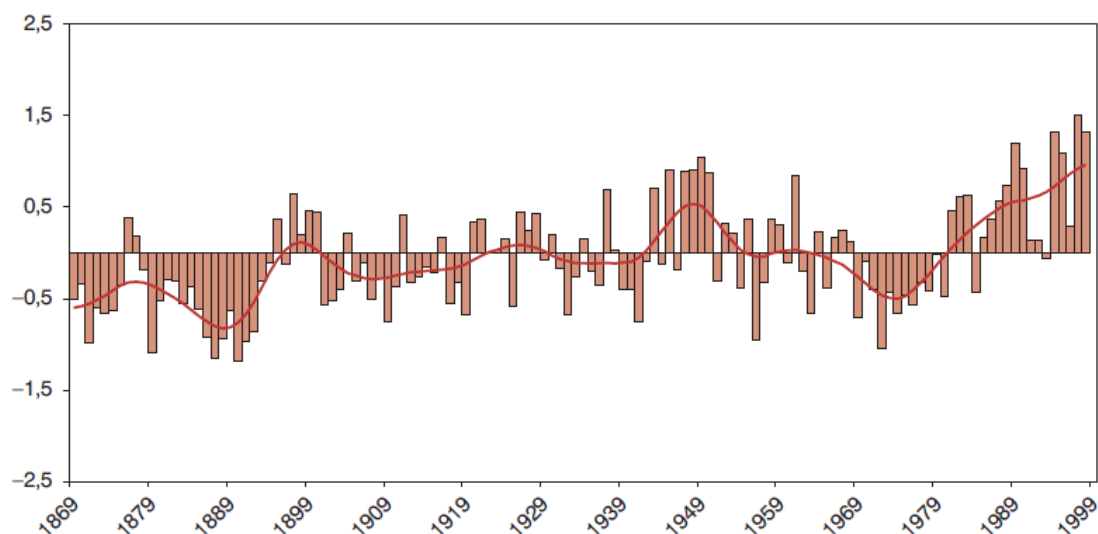
A continuación, se muestra un gráfico en el que se representa la temperatura media anual de la península y las Islas Baleares en el período 1965-2010, a partir de los datos de las estaciones de referencia de la AEMET [24]. La temperatura media anual es representada en azul. El filtro para suavizar los datos y el ajuste en verde por mínimos cuadrados ayudan a apreciar mejor la tendencia de la serie.

**Ilustración 1: Temperatura media anual en la Península Ibérica e Islas Baleares en el período 1965-2010 [24].**



Por otro lado, se observa que las temperaturas en España han aumentado de forma general con una magnitud algo superior a la media global del planeta. En el gráfico se muestran las anomalías absolutas de la temperatura media anual (en °C) con respecto a la media del planeta en el noroeste de España durante el periodo 1869-1999.

**Ilustración 2: Anomalías en la temperatura media anual en España en el período 1869-1999 [24].**



Se han aplicado diversos modelos climáticos para advertir la tendencia del clima futuro, pero existen factores de incertidumbre condicionantes como la propia evolución de emisiones de GEI en España. Por esta razón, el IPCC ha establecido un conjunto de escenarios de emisiones, en función de diversos supuestos demográficos, sociales, culturales y económicos. Entre estos escenarios destacamos los dos que más se han aplicado a los modelos climáticos.

a) *Escenario A2*: Corresponde con una evolución de emisiones de GEI tal que en el año 2100 la concentración global media de CO<sub>2</sub> llegaría a 850 ppm, un 120% más que la actual.

b) *Escenario B2*: Contempla un ritmo de emisiones menos acelerado, en el que se llegaría a fin de siglo con una concentración media global de CO<sub>2</sub> de 760 ppm, aproximadamente el doble que la actual.

En estas proyecciones se muestra que a lo largo del siglo XXI se producirá un incremento relativamente uniforme de la temperatura en la Península Ibérica, con una tendencia de 0,4 °C/década en invierno y de 0,7 °C en verano para el escenario menos favorable (A2 del IPCC) y de 0,4 °C y 0,6 °C/década respectivamente para el escenario más favorable [25].

- Aumento del nivel del mar: El aumento del nivel del mar se produce por la dilatación del agua como consecuencia del aumento de temperaturas que supone el calentamiento global.

A lo largo del siglo pasado, el Nivel Medio del Mar (NMM) aumentó entre 10 y 20 centímetros. Sin embargo, la tasa anual de aumento durante los últimos 20 años ha sido de 3,2 milímetros, aproximadamente el doble de la velocidad media de los 80 años precedentes [26].

La subida generalizada del NMM es un problema que afecta especialmente a Península, por su geografía inequívocamente costera. España cuenta con un total de 7.876 kilómetros de costa. El aumento del NMM podría causar pérdidas de un número importante de playas, sobre todo en el Cantábrico. Buena parte de las zonas bajas costeras se inundarán (deltas del Ebro, Llobregat, Manga del Mar Menor y Costa de Doñana).

- Precipitaciones en España: A causa del calentamiento global también son esperables cambios significativos en las precipitaciones, con una tendencia a la baja, aunque la certeza de cuánto, dónde y en qué momentos del año cambiará más o menos es menor. La tendencia de las precipitaciones en nuestro país no muestra un comportamiento tan identificable como la temperatura. Así, por ejemplo, la variabilidad pluviométrica anual alcanza coeficientes superiores al 30% en las regiones mediterráneas y archipiélago canario, y las secuencias de días consecutivos sin lluvia llegan a rebasar los cuatro meses en la mitad meridional [23]. Por esto, no existe un estudio que cubra las precipitaciones detalladas del país en una sola resolución.

- Sector energético: Bajo un escenario de incremento de temperaturas y disminución de precipitaciones se prevé un incremento de la demanda eléctrica, a causa de la necesidad de emplear aparatos de refrigeración. Esta demanda deberá

cubrirse sin poder recurrir a la energía hidráulica, que se reducirá. Se prevé, a su vez, una demanda de petróleo y gas natural por estas mismas razones, y una reducción del actualmente escaso aporte de la biomasa.

Únicamente la energía solar se vería beneficiada por el posible incremento de las horas de insolación, aparte del posible incremento del uso de la energía eólica en caso de producirse incrementos en los episodios de viento fuerte.

- Sector Turístico: Los impactos del cambio climático afectarían, en primer lugar al espacio geográfico y turístico, y pueden producir alteraciones en los ecosistemas, dejando de reportar los beneficios sociales, económicos y ambientales disfrutados hasta el momento.

La escasez de agua provocará problemas de funcionalidad y viabilidad económica en ciertos destinos. El incremento de temperaturas puede modificar calendarios de actividad, aumentando los viajes en las intersecciones y repercutiendo así negativamente en la economía del país. El aumento del nivel del mar amenazará a innumerables zonas costeras como se ha comentado anteriormente, afectando de manera directa a todo el turismo asociado. Los turistas pueden disminuir la estancia media en cada destino, o desviar la dirección de sus visitas hacia otros lugares.

### 3. Sociedad y cambio climático

Como ya se ha visto anteriormente, el cambio climático es un fenómeno reconocido e identificado por la inmensa mayoría de la comunidad científica y afecta negativamente al gran ecosistema que conforma la Tierra de manera identificable y medible. Aun así, sus implicaciones no son únicamente medioambientales. Los cambios globales están afectando de forma muy relevante a las sociedades en prácticamente todas las esferas de acción social: la demografía, la economía, las estructuras sociales y culturales, etc. Al prever sus calamitosos efectos, con el fin de minimizarlos y maximizar los aspectos positivos, se

debería poner énfasis tanto en sus consecuencias sociales y políticas como en las puramente biogeofísicas. La existencia de un cambio climático antropogénico se ha convertido en los últimos años en una de las mayores preocupaciones de la sociedad mundial. No obstante, la mayoría de los estudios sobre cambio climático no están teniendo en cuenta lo suficiente, ni con el rigor necesario, la interrelación de este fenómeno con nuestra sociedad [27].

El cambio climático antropogénico tiene su origen en la actividad humana, fruto del modelo actual tanto energético, comercial, de producción y consumo, urbanístico, etc, y afecta a las sociedades tanto directamente (olas de calor, inundaciones, eventos climáticos extremos entre otros) como indirectamente, cambiando el medio biogeofísico, por ejemplo afectando a la disponibilidad de agua, generando conflictividad social a raíz de la misma, afectando a los cultivos o produciendo desplazamientos de población masivos a causa del clima.

Es por esto por lo que el cambio climático tiene una marcada dimensión social, siendo los desafíos que plantea además de desafíos técnicos, desafíos sociales. La sociología del Cambio Climático toma entonces como marcos analíticos el ecosistema social, es decir, las interrelaciones entre el medio biogeofísico/medio social, y el desarrollo sostenible como objetivo de mantenimiento de la vida en el planeta [27] .

Para ello, se requiere avanzar en la investigación del impacto del cambio global en áreas relevantes de las que apenas se ha estudiado. Entre estas, destacan los temas de igualdad/desigualdad social, pobreza, ética y relaciones del poder y justicia social, que han sido minusvalorados en la agenda investigadora del impacto del cambio climático.

La información, la comunicación y la participación ciudadana son instrumentos sociales transversales que deben tener un reconocimiento equivalente a los legales y económicos, y deben ser utilizados en combinación estratégica con las otras herramientas de gestión del cambio climático. La gestión, aparte de centrarse en la mitigación, se centra también a la adaptación de las sociedades a los nuevos escenarios emergentes. Un primer elemento básico para esa implicación social es asegurar y facilitar una buena información

sobre el cambio climático, sus causas y consecuencias, así como las alternativas disponibles. Se requiere aproximar los resultados científicos al conjunto de la sociedad. Hay que tener en cuenta que esta comunicación requiere ir más allá de la mera información. No se trata solo de facilitar información, sino de buscar la respuesta del interlocutor, de asegurarse que el mensaje ha sido entendido [27].

Por último, conviene remarcar que se requiere la participación del conjunto de la sociedad en la lucha contra el cambio climático. Solo a través de la participación se puede conseguir la cohesión social para resolver complicados problemas a los que se enfrentan las sociedades actuales.

### 3.1 Concienciación de la población

Ha quedado demostrado que el cambio climático es un problema con una marcada dimensión social. Por tanto, es necesario conocer el papel que juegan los ciudadanos en la lucha contra el mismo, la contribución a su mitigación y a su adaptación, tanto de manera individual como formando parte del colectivo social. Su conocimiento en la materia, su posición y el grado de satisfacción con que los ciudadanos contemplan las medidas que están llevando a cabo Gobiernos, instituciones y ciudadanía tanto a nivel individual como colectivo, son indicadores clave para seguir en la correcta dirección en la lucha contra el problema.

Existen estudios que analizan el grado de participación, implicación y conocimiento de la sociedad en el cambio climático. Así como numerosas noticias relacionadas la impregnación del cambio climático en la sociedad actual.

Según un artículo publicado por el MAGRAMA, apoyándose en un estudio publicado en la revista *Nature Climate Change* en Julio de 2015, el 40% de habitantes del planeta jamás ha oído hablar del cambio climático, dato cuanto menos preocupante. Este número aumenta hasta un 60% en países como Egipto, la India y Bangladés, haciendo gala del grado de variabilidad en la vulnerabilidad que hay a lo largo del mundo con respecto al

cambio climático. El estudio no solo señala la actitud de la población mundial respecto al cambio climático, obtenida mediante encuestas realizadas en 119 países, sino que analiza las posibles causas que llevan a la población a percibir un mayor o menor riesgo. Estudios anteriores habían determinado que el conjunto de percepciones sobre el riesgo que supone el cambio climático resultan de un conjunto complejo de factores, entre los que se encuentran las experiencias personales, las normas sociales, las emociones o los valores. Por otro lado, el nivel de conocimiento está ligado a factores como el nivel educativo, la visión ideológica del mundo o los mitos sobre la naturaleza. Este trabajo analiza las posibles causas y proporciona, por primera vez, una evaluación de los factores que contribuyen a formar las distintas percepciones nacionales sobre el cambio climático.

Los resultados del estudio muestran que los países más desarrollados son, por lo general, los que mayor conocimiento tienen del cambio climático. Sin embargo, esto no implica necesariamente que se tenga una mayor percepción del riesgo.

El estudio en sus resultados distingue varias zonas en las que el grado tanto de concienciación como de conocimiento y percepción de riesgo varía. Por un lado destaca América Latina y Europa como las zonas donde la población está más concienciada del cambio climático, y que además de un alto porcentaje de conocimiento, tienen una mayor percepción de riesgo asociado.

En España señalan que más del 75% de la población es consciente de que se está produciendo un cambio climático, y de entre los que tienen conocimiento de este hecho, alrededor de un 90% son conscientes del peligro que supone.

Por otro lado, es en los países en vías de desarrollo de África y Asia en los que el conocimiento del cambio climático es mucho menor, donde la percepción del riesgo está asociada a factores más tangibles, como la educación. Los resultados mostraron que muchas naciones no habían sido educadas en materia de calentamiento global, en las que la población, alarmada por los incipientes cambios locales en los patrones de temperatura y precipitaciones, comenzaba a apropiarse de un sentimiento de preocupación por este hecho.



En EE.UU. se da una situación peculiar, en que la población es consciente al 75% de este hecho, pero la percepción de riesgo baja, en torno a un 60%. Según los autores del estudio, esta percepción relativamente baja puede estar influenciada por el partidismo político, ya que históricamente los republicanos han minimizado la importancia actual del cambio climático.

Los autores del estudio consideran que sus resultados ofrecen una guía para concienciar al planeta sobre la importancia del cambio climático, aplicando medidas específicas en cada país según sus particularidades.

Entre las medidas destaca la mejora de la educación básica, la formación sobre el clima y la comprensión de las dimensiones locales del cambio climático. Concluyen que es necesario mejorar la educación de la ciudadanía, en especial la de aquellos países en desarrollo, notablemente más vulnerables, si queremos tener éxito en conseguir la participación de la sociedad y el apoyo en la lucha contra el cambio climático global [28].

## 3.2 Otros dos puntos de vista

### 3.2.1 *Ciudadanos y medio ambiente*

A continuación, se exponen los resultados más significativos de varios estudios que reflejan desde distintos puntos de vista la percepción y el grado de conocimiento de fragmentos de la población sobre la problemática del cambio climático. En primer lugar, comentaremos la encuesta realizada por el CIS en España sobre Medioambiente de Mayo a Julio de 2010, y en segundo lugar, un informe de la consultora *Price Waterhouse Coopers* sobre la visión del cambio climático en México desde un punto de vista empresarial.

La encuesta del CIS sobre Medioambiente de 2010 [29] toma una muestra de 2.560 sujetos. En primer lugar, respecto a qué tema es más importante a la población a elegir entre varios, el medioambiente tiene una discreta puntuación, solo aglutinando a un 3,3%

de los encuestados, quedando por detrás, en orden descendente de puntuación de la economía, sanidad, educación, la pobreza y el terrorismo. Respecto a la pregunta sobre en qué medida se preocupa la muestra por el medio ambiente, siendo 5 el máximo y 1 el mínimo, el 65, 2% concentran el alto grado de preocupación (con puntuaciones entre 4 y 5) mientras que un 24,7% de los encuestados se mantiene neutral en el 3.

Cuando la muestra es preguntada acerca del problema medioambiental que consideran más importante para España de entre una lista dada, un 23% responde el cambio climático, seguido de la escasez de agua (15,2%), la contaminación del aire (15%) y el agotamiento de los recursos naturales (11,2%) como top 4 de las respuestas. Podemos observar que el grueso de la muestra se aglutina con respuestas relacionadas directa o indirectamente con el cambio climático. Sin embargo, cuando la muestra es preguntada sobre qué problema afecta más personalmente a cada individuo, la contaminación del aire es la opción más respondida, con un 18, 9% seguida del cambio climático (14, 6%) y posteriormente de la escasez de agua (10%) y la contaminación del agua (9%).

Siguiendo el mismo sistema de puntuaciones del 1 al 5, cuando la muestra es preguntada por la medida en qué consideran conocer las causas de los problemas medioambientales propuestos, entre los que está por supuesto el calentamiento global, la escasez de agua y la contaminación del aire, solo el 26, 6% (puntuaciones entre 4 y 5) afirma saber mucho, mientras que el 41, 8% se encuentra en una posición neutra y un 33, 8% (puntuaciones entre 1 y 2) afirma saber poco o nada. En cuanto al grado de conocimiento de soluciones, los resultados son algo similares, estando el 15, 1% entre las puntuaciones más altas, un 36,3 % en la neutralidad y un preocupante 47, 3% en las posiciones de desconocimiento (1 y 2).

Por otro lado, parece que existe cierto grado de conciencia colectiva sobre cómo incide la humanidad en el medio ambiente. El 65, 6% de la población afirma estar de acuerdo o totalmente de acuerdo ante la afirmación "casi todo lo que hacemos en la época actual perjudica al medio ambiente", y de este mismo modo, un 64, 6% está de acuerdo con la

idea de que "la Tierra no podrá aguantar indefinidamente el ritmo actual de crecimiento de la población".

Cuando la muestra es preguntada si estaría a favor de pagar precios mucho más elevados para proteger el medio ambiente, las opiniones son dispares. Así, el 26, 6% de la población está en las posiciones de grado de acuerdo de más intensidad (4 y 5), pero la mayoría, excluyendo NS/NC, reparte sus opiniones entre la neutralidad y la oposición a la idea. Ocurre algo similar ante la pregunta a la muestra de si estaría a favor de pagar muchos más impuestos para proteger el medio ambiente.

En materia de contaminación atmosférica, los datos son optimistas. La mayoría de la muestra (67, 7%) considera que la contaminación atmosférica producida por los automóviles es muy peligrosa o extremadamente peligrosa. Por otro lado, se observa que la muestra considera más perjudicial para la contaminación atmosférica la acción de la industria, opinando un 39, 8% que está muy relacionada o extremadamente relacionada.

En relación al cambio climático, la mayoría de encuestados opina que el aumento de la temperatura de la Tierra originado por el cambio climático es para el medio ambiente muy peligroso o extremadamente peligroso, lo que arroja cierto grado de optimismo, al observar que hay concienciación sobre una de las principales repercusiones del vertido excesivo de GEI por parte del hombre a la atmósfera.

En cuanto a Gobierno y medio ambiente, los encuestados opinan con una amplia mayoría (81%) que cualquier Gobierno debería promulgar leyes que obligasen a los ciudadanos a respetar el medio ambiente, incluso si eso interfiere con el derecho a decidir por sí mismos, en detrimento de la opción de que cualquier Gobierno deba permitir que los ciudadanos decidieran por sí mismos cómo proteger el medio ambiente, aunque suponga que no siempre se haga lo correcto. Esto deja de manifiesto el resultado de una población que confía más en los gobernantes que en la conciencia colectiva que pueda tener el país como sociedad sobre medio ambiente.

En cuestiones energéticas, una amplia mayoría de la muestra (69, 3%) expresa que se debería dar prioridad a fuentes de energía renovables como la energía solar, eólica e hidráulica en detrimento de las energías tradicionales, como son el carbón, petróleo y gas natural, energía solar o biocombustibles derivados de cultivos.

En materia de transporte, el 45% afirma que nunca ha dejado de utilizar su transporte por razones medioambientales.

### *3.2.2 Empresa y medio ambiente*

El cambio climático tiene una gran dimensión social, y uno de los pilares de las sociedades modernas occidentales enmarcadas en un entorno puramente capitalista es el sector de la empresa. Es por esto por lo que aparte de la encuesta llevada a cabo por el CIS, comentaremos la encuesta elaborada por PWC "Encuesta sobre el cambio climático: oportunidades y riesgos" que nos ofrece perspectiva sobre parte del sector de la empresa en México [30].

La mayoría de los participantes percibe el cambio climático como un tema alejado de su área de influencia laboral. De igual forma, muchos encuestados argumentaron que políticas de privacidad de su empresa no les permitían revelar datos al respecto, por su carácter confidencial.

En cuanto a la labor estratégica de la empresa, existe una tendencia a considerar por las mismas que tienen un nivel elevado de entendimiento del tema del cambio climático, así como una estrategia al respecto, aunque el problema se percibe en un 67% como un tema de índole únicamente ambiental. Además, el 58% de las empresas declara, nunca u ocasionalmente incluir en sus reportes anuales temas relacionados con el cambio climático.

Sobre el aspecto de riesgos y oportunidades asociados al cambio climático, la percepción asociada a estos dos factores para el negocio se reduce a un tema de costos. Se advierte un balance entre riesgos y oportunidades sobre el tema. La mitad de los encuestados considera que el impacto del cambio climático ya está ocurriendo. Las

empresas asocian los riesgos y oportunidades a temas de costos principalmente en el creciente costo de la energía y en el creciente incremento en costos relacionados con el cambio climático. Por otra parte, la eficiencia energética y de tecnología limpia son las áreas más mencionadas como oportunidades.

Finalmente, respecto del grado de preparación ante el cambio climático de las empresas mexicanas, la encuesta reveló que la mayoría de las empresas necesitan estar mejor preparadas para ser más competitivas en una economía baja en carbono. De la misma manera las empresas deberían identificar, acorde con su estrategia de negocios, las iniciativas a desarrollar para fortalecer su estrategia corporativa de cambio climático.

Tomar como referencia a un país industrializado como México puede arrojar luz sobre la concepción de las empresas sobre el cambio climático en otros países desarrollados de Europa.

## **4. Organismos implicados en la lucha contra el cambio climático**

Para hacer frente a un fenómeno tan trascendente y complejo como es el cambio climático es necesario un esfuerzo continuado y cohesionado por parte de todos los estratos de la sociedad, desde la acción realizada individualmente por el ciudadano hasta labores de colectivos más robustos. Con un enfoque global resultará más sencillo identificar estrategias, políticas e instrumentos llamados a desarrollar medidas efectivas en la lucha contra el cambio climático.

A continuación se resumen, tanto a nivel nacional como internacional, los principales organismos u organizaciones involucradas en el cambio climático, que están en constante búsqueda de labores tanto de mitigación como de adaptación al mismo.

## 5.1 A nivel nacional

Entre los organismos que en ámbito nacional desempeñan labores de lucha contra el cambio climático, describiremos los siguientes a modo de esquema [31]:

- Oficina Española de Cambio Climático (OECC):

- *Origen:* Fundada en 2001 se crea la oficina española de Cambio Climático como órgano dependiente de la dirección general de Calidad y Evaluación del ministerio de Medio Ambiente. En 2012 pasaría a depender de la secretaría de Estado de Medio Ambiente.

- *Funciones más representativas:*

- Formular la política nacional de cambio climático, de acuerdo a la normativa internacional y desarrollo de los instrumentos de planificación y ejecución que permitan cumplir con los objetivos de dicha política.

- Prestar asesoramiento a los distintos órganos de la Administración General del Estado en materia de cambio climático.

- Promover y realizar actividades didácticas y divulgativas sobre el cambio climático

- Relacionarse con distintas organizaciones europeas para colaborar en iniciativas relacionadas con la lucha frente al cambio climático.

- Representación nacional en los organismos internacionales y asumir el seguimiento de los convenios internacionales en materias de cambio climático. Además, ejercer como punto focal nacional ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático y ante el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

- Analizar y promover actividades de investigación sobre el cambio climático.

- Promover evaluaciones relativas al impacto, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.

- Promover políticas y medidas de mitigación para combatir las causas.

- Promover tanto el desarrollo e implantación de tecnologías que hagan posible la reducción de emisiones de GEI.

- Consejo Nacional del Clima (CNC):

○ *Origen:* Surge en 1992 ante la necesidad de promover la investigación sobre el cambio climático y analizar sus implicaciones sociales y económicas, bajo el nombre de Comisión Nacional del Clima. Es en 1998 cuando se renombra como Consejo Nacional del Clima y se redefinen sus funciones. Depende del ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente a través de la secretaría general de Medio Ambiente,.

○ *Funciones más representativas:*

- Informar y facilitar la participación de todos los agentes implicados en el seguimiento de políticas y medidas promovidas por el Estado sobre cambio climático.
- Promover formulaciones en relación a planes de lucha contra el cambio climático.
- Promover el desarrollo de acciones de recopilación, análisis, elaboración y difusión de la información
- Conocer las políticas de la Unión Europea y el estado de las negociaciones en materia de cambio climático.

• Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático (CCPCC):

○ *Origen:* En 2005 se crea la CCPCC como órgano de coordinación y colaboración entre Estado y Comunidades Autónomas para la aplicación del régimen de comercio de derechos de emisión y el cumplimiento de las obligaciones internacionales con relación a éste.

○ *Funciones más representativas:*

- Seguimiento del cambio climático y adaptación a sus efectos.
- Reducción de emisión de GEI
- El fomento de la capacidad de absorción del carbono por las formaciones vegetales.
- Teniendo en cuenta los criterios que establezca el CNC, el establecimiento de líneas de actuación en los proyectos de participación voluntaria de desarrollo limpio y de aplicación conjunta del Protocolo de Kioto.
- El desarrollo e implantación nacional de un régimen nacional de proyectos domésticos.

• Comisión Interministerial para el Cambio Climático (CICC):

○ *Origen:* Surge en 2011 adscrita al ministerio de Cultura, Alimentación y Medio ambiente, y a la CICC.

○ *Funciones más representativas:*

▪ Seguimiento y propuesta de las diferentes políticas relacionadas con el cambio climático.

## 5.2 A nivel internacional

En el plano internacional existen también instituciones y organismos surgidos de la unión por parte de distintos individuos, grupos o países ante la necesidad de continuar la lucha conjunta contra el cambio climático.

Uno de los principales precedentes sobre acción política internacional conjunta en la lucha contra el cambio climático fue la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, también conocida como la Conferencia de Estocolmo, celebrada en 1972 a instancias de las Naciones Unidas. Contó con la asistencia de representantes de 113 países, 19 organismos intergubernamentales y más de 400 organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales [32].

En 1971 surge el Instituto Internacional para Medioambiente y Desarrollo (de sus siglas en inglés IIED), lanzado por la economista y asesora política Barbará Ward. El Instituto ha jugado papeles clave en distintas conferencias celebradas a lo largo de la historia sobre cambio climático, con en la propia Conferencia de Estocolmo entre otras. El IIED es parte de una comunidad global para compartir conocimientos y mejores prácticas en materia de lucha contra el cambio climático. Sus socios son de naturaleza muy variada, contando con personas que trabajan en Gobiernos, ONGs, grupos indígenas, organismos internacionales y multilaterales como la ONU [33].

Existen otras organizaciones que, aunque su origen no viniera estrictamente marcado por el cambio climático, su naturaleza les permite trabajar actualmente en paralelo y a favor de la causa. Una de ellas es la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Creada en 1946 en el seno de la ONU, su objetivo es asegurar y facilitar la cooperación entre los



servicios meteorológicos nacionales, promover y unificar los instrumentos de medida y los métodos de observación [34].

En cuanto a organizaciones internacionales, cabe destacar también por último el Programa Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC en inglés). Se estableció en el año 1988 por la OMM y el Programa Ambiental de las Naciones Unidas. El objetivo del IPCC es evaluar el riesgo del cambio climático originado por las actividades humanas. Sus informes se basan en publicaciones de revistas científicas contrastadas. Además es el encargado de dirigir la discusión científica sobre calentamiento global, la emisión de partículas de carbono y sobre el efecto invernadero. Cuenta con trabajadores a sus provenientes de más de 195 países [35].

Por último cabe remarcar la labor de diversas ONGs que desempeñan una lucha diaria contra el cambio climático. Estas organizaciones realizan campañas de divulgación, recaudación de fondos para causas medioambientales, labores de protección directa cuando se dan atentados contra la naturaleza, emiten demandas públicas sobre aquellos puntos clave que los Gobiernos deberían cumplir, y por otra parte no lo hacen, que contribuyan a la mitigación y lucha contra el cambio climático, ya sea en materia energética, comercial, legislativa, etc. Entre las distintas ONG destacamos a Greenpeace y WWF y Ecologistas en Acción.

# Capítulo 3: Marco Regulador

En relación a la lucha contra el Cambio Climático y las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, en el presente capítulo se exponen brevemente las formas de regulación existentes en la materia a nivel internacional, considerando la Organización de Naciones Unidas en primera instancia, y la Unión Europea como órgano competente, en este caso, en la regulación del nivel de emisiones.

## **1. La ONU y el Protocolo de Kioto**

El marco en el que se apoya la ONU en su lucha contra el cambio climático reside en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC), establecida por primera vez en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo celebrada en Rio de Janeiro en 1992, y también conocida como Cumbre de la Tierra.

Con el objetivo fundamental de lograr la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático; se crea como órgano de trabajo la Conferencia de las Partes, que reúne anualmente a los países firmantes.

La primera Conferencia de las Partes se celebra en 1995 en la ciudad de Berlín, sirviendo como base a una serie de reuniones que acabarán en la posterior firma del Protocolo de Kioto (PK) en 1997 en la tercera Conferencia de las Partes.

El PK entra en vigor en 2005 y supone un acuerdo por parte de los países firmantes que se comprometen a reducir sus emisiones en el periodo 2008-2012 aunque con diferente grado de implicación. Las obligaciones de reducción de los países industrializados, tal y como marca el PK en su artículo 3, serán más estrictas, comprometiéndose estos países, - recogidos en el Anexo I-, a reducir sus emisiones en un 5% en relación a datos de 1990 [36].

Resulta interesante resaltar también, aun sin entrar en detalle, lo referente a los Derechos de Emisión contenido en el PK, que en su artículo 17 permite, a efectos de cumplir los

compromisos dispuestos, participar en operaciones de comercio de los derechos de emisión a las partes incluidas en el anexo B [36].

A pesar de que el PK supuso un avance en materia de lucha contra el Cambio Climático, lo cierto es que, actualmente está considerado en algunos casos como un grave fracaso de la Comunidad Internacional. Una de las razones que revela este fracaso es la actuación de países como Estados Unidos que, siendo responsable del 22% del total de emisiones, decidió no ratificar el Protocolo después de haberlo firmado.

Con la vista puesta en 2012 como fecha fin de la vigencia del PK, se celebra la 13ª Conferencia de las Partes en Copenhague (COP13), con el objetivo de conseguir nuevas medidas que sustituyan a las adoptadas en el PK, y que finalmente tampoco será determinante en materia de compromiso por parte de los países, pues no se llega a ninguna medida de carácter vinculante; aunque destaca el acuerdo de los países en la necesidad de que el aumento de la temperatura mundial debe permanecer por debajo de los 2°C [36].

Como última referencia en esta materia en el marco de la ONU, destaca la Cumbre de París (COP21) celebrada en 2015 y en virtud de la cual, todos los países firmantes (cerca de 200), se comprometen a reducir sus emisiones con el objetivo de conseguir que la temperatura global registre un aumento inferior a los 2°C. En este caso, a diferencia de lo establecido en PK, no se establece una meta obligatoria a los países a nivel individual, sino que se establece una meta común, - que el aumento de la temperatura global a final de siglo se sitúe por debajo de los 2°C-, y son los países a nivel individual los que presentan medidas para conseguirlo [37].

A la espera de comprobar los resultados de esta última Conferencia de las Partes, materializada en la Cumbre de París, y en vigor hasta 2020; cabe resaltar dos fechas significativas en la historia de la ONU en materia de reducción de emisiones; la creación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) en 1992, reflejo de la implicación de la Comunidad Internacional en la resolución del problema; y la firma del Protocolo de Kioto en 1997 que, aunque sin el éxito esperado, es

hasta la fecha el acto más significativo de compromiso mundial del conjunto de países miembro.

## **2. La Unión Europea como actor comprometido**

Tal y como se desprende de las obligaciones del PK puede considerarse a la UE como uno de los actores con un rol más importante en materia de lucha contra el Cambio Climático. La UE se comprometió entonces a reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub> en un 20% en relación a los niveles de 1990 [38], ofreciéndose incluso a aumentar esta cifra si otros actores llevaban a cabo esfuerzos equiparables. Fue, además, la UE, uno de los interlocutores más influyentes en los esfuerzos por que Estados Unidos ratificase su firma en el PK, aunque finalmente no fuese posible.

De este compromiso se desprende una extensa legislación en materia de lucha contra el Cambio Climático en general, y con el objetivo de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en particular, que se expone a continuación brevemente.

### **2.1 Sistema EURO de reducción de emisiones**

El origen de la legislación en esta materia a nivel comunitario es anterior a la firma del PK, y se sitúa en la Directiva 70/220/CEE del Consejo, del 20 de marzo de 1970 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre medidas contra la contaminación atmosférica [39].

La Directiva 70/220/CEE sirve de precedente en el compromiso de la UE en esta materia, y crea un marco jurídico basado en las modificaciones de esta Directiva y que adoptan el nombre de Sistema Euro.

Este conjunto de normativas establece diferentes límites según el tipo de vehículo, que quedan definidos a nivel comunitario a su vez por las Directivas 2001/116/CE y 2002/24/CE.

Las limitaciones a las que han sido sometidas las emisiones han sido más restrictivas a medida que cada norma EURO reemplazaba a la anterior, tal y como se puede ver en el

cuadro; con un punto de inflexión que denota un mayor compromiso de la UE en el año 2007, con la constitución del Consejo Europeo de marzo que trata de dar respuesta a las exigencias marcadas en PK.

Como actos conexos a este sistema de Directivas, cabe destacar el Reglamento 715/2007 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre la homologación de tipo de los vehículos de motor por lo que se refiere a las emisiones procedentes de turismos y vehículos comerciales ligeros (Euro 5 y Euro 6) y sobre el acceso a la información relativa a la reparación y el mantenimiento de los vehículos [40] que en la práctica establece el conocido sistema Euro 5, y el ya en vigor Euro 6, sobre la regulación de emisiones.

A continuación se muestra un cuadro resumen de las especificaciones en cuanto a emisiones en vehículos en las distintas normas EURO [41].

**Ilustración 3: Limitaciones en vehículos diésel según las distintas normas Euro (g/km) [36].**

Diesel	Date	CO	NMHC	NO <sub>x</sub>	HC + NO <sub>x</sub>	PM	PN
Euro 1	July 1992	2.72	–	–	0.97	0.14	–
Euro 2	January 1996	1.0	–	–	0.7	0.08	–
Euro 3	January 2000	0.64	–	0.50	0.56	0.05	–
Euro 4	January 2005	0.50	–	0.25	0.30	0.025	–
Euro 5a	September 2009	0.50	–	0.180	0.230	0.005	–
Euro 5b	September 2011	0.50	–	0.180	0.230	0.005	$6.0 \times 10^{11}$
Euro 6	September 2014	0.50	–	0.080	0.170	0.005	$6.0 \times 10^{11}$

**Ilustración 4: Limitaciones en vehículos gasolina según las distintas normas Euro (g/km) [36].**

Petrol	Date	CO	NMHC	NO <sub>x</sub>	HC + NO <sub>x</sub>	PM	PN
Euro 1	July 1992	2.72	–	–	0.97	–	–
Euro 2	January 1996	2.2	–	–	0.5	–	–
Euro 3	January 2000	2.3	–	0.15	–	–	–
Euro 4	January 2005	1.0	–	0.08	–	–	–
Euro 5	September 2009	1.0	0.068	0.060	–	0.005	–
Euro 6	September 2014	1.0	0.068	0.060	–	0.005	6.0 × 10 <sup>11</sup>

Este reglamento sustituye las más de diez directivas existentes hasta el momento en materia de emisiones de vehículos y consumo de carburante y unifica la legislación para hacer más directa y eficaz su aplicación<sup>1</sup>. En otras palabras, la legislación existente acerca de la regulación de emisiones, queda sustituida con la entrada en vigor del Reglamento 715/2007 por el cual entra en vigor la norma Euro 5 y Euro 6.

Algunas de las restricciones de la fase Euro 5, que entró en vigor el 1 de septiembre de 2009 son las siguientes:

**En lo referente a coches diésel:**

- Monóxido de carbono: 500 mg/km;
- NO<sub>x</sub>: 180 mg/km
- Emisiones combinadas de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno: 230 mg/km.

**En lo referente a coches gasolina, gas natural o GLP:**

<sup>1</sup> A diferencia de las Directivas, los Reglamentos no necesitan transposición de los Estados Miembros, y son de aplicación directa.

- Monóxido de carbono: 1000 mg/km.
- Hidrocarburos no metanos: 68 mg/km.
- Hidrocarburos totales: 100 mg/km.
- NOx: 60 mg/km

A partir del 1 de septiembre de 2014 entra en vigor la fase Euro 6 de la normativa, que hace mucho más restrictivas algunas de las emisiones permitidas. Los nuevos valores permitidos pasan a ser:

**En lo referente a coches diésel:**

- Monóxido de carbono: 500 mg/km;
- NOx: 80 mg/km
- Emisiones combinadas de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno: 170 mg/km.

**En lo referente a coches gasolina/gas natural o GLP:**

- Monóxido de carbono: 1000 mg/km.
- Hidrocarburos no metanos: 68 mg/km.
- Hidrocarburos totales: 100 mg/km.
- NOx: 60 mg/km

La restricción más significativa se encuentra en los motores diésel, en el caso de los óxidos de nitrógeno, para los que la fase Euro 6 establece una reducción de más del 50%, pasando de 180 mg/km a sólo 80mg/km. En el caso de los motores gasolina estos valores no se ven reducidos manteniéndose en 60 mg/km.

Además de la vigente normativa Euro 6, la UE continúa haciendo esfuerzos que supongan un avance en materia del control de emisiones. En concreto, y a raíz del escándalo Volkswagen expuesto en el presente TFG, la Comisión Europea intenta abordar la problemática de las deficiencias en las pruebas de emisiones de vehículos diésel.



La Comisión ha estado trabajando en el desarrollo de un procedimiento de ensayo de emisiones en condiciones reales de conducción (RDE, Real Driving Emissions), que sustituye a los actuales ensayos llevados a cabo en laboratorio, para poder así evaluar los resultados de emisión reales de los vehículos en carretera [42]. Este procedimiento pretende avanzar en materia de restricciones a las emisiones y se encuentra en vigor desde enero de 2016, por lo que habrá que esperar para conocer sus resultados y efectividad.

## 2.2 Hoja de ruta de la Energía UE para 2050

La Comisión Europea, en su afán por conseguir que el entorno comunitario sea más respetuoso con el medio ambiente y consuma menos energía, está actualmente estudiando diferentes procedimientos que persiguen este fin.

En concreto destaca la conocida como Hoja de ruta de la Energía para 2050, proyecto en curso y que supone una base para la alcanzar un modelo energético sostenible. El proyecto prevé una reducción de emisiones por parte de todos los sectores responsables (producción de electricidad, industria, transporte, edificios, construcción, agricultura), con mayor rigidez y exigencia en aquellos que más emisiones aportan.

El objetivo general de este proyecto es el de reducir en un 80% el total de emisiones en relación con niveles de 1990, y para lograrlo será necesario que la reducción sea del 40% en el año 2030 y del 60% en 2040 [43] y que todos los sectores contribuyan a conseguir esta transición hacia una economía sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

En concreto, en el sector del transporte, las emisiones procedentes de este sector, pretender reducirse en más del 60% respecto a datos de 1990. A corto plazo las medidas se centran más en modificar los motores de gasolina y diésel para que puedan ser más eficientes en cuanto a consumo de combustible [44].

A medio y largo plazo se espera que vehículos tanto híbridos como puramente eléctricos hagan posible una reducción aún mayor de estas emisiones; mientras que los biocombustibles serán cada vez más utilizados en el transporte por carretera, pues no todos los vehículos futuros serán eléctricos [44].

Otro ámbito de especial importancia que se recoge en esta Hoja de ruta de la Energía 2050 es el cambio hacia los combustibles alternativos, incluidos los vehículos eléctricos [44]

Si bien es cierto que la UE no puede pronosticar un escenario tan a largo plazo, los objetivos que marca el documento son ambiciosos y se materializarán en función del cumplimiento de las medidas que se adopten en la actualidad, así como del compromiso de los Estados Miembros.

# **Capítulo 4: Fundamentos de motores de combustión interna**

# 1. Introducción

En este capítulo se dan unas nociones introductorias al mundo del motor. Se explican conceptos clave para sentar una buena base sobre el funcionamiento a nivel superficial de un vehículo. Es importante que este conocimiento, al menos a nivel muy básico, pase a formar parte de la cultura popular de cualquier comunidad, dado el alto grado de convivencia que se da actualmente entre población y vehículos. Se definirá qué es un motor y se explicarán las partes principales que consiguen transformar la energía obtenida del combustible en movimiento. Posteriormente se dará una clasificación general de los distintos tipos de motores más comunes que se pueden encontrar y se hará una distinción detallada entre los ámbitos de la gasolina y el diésel.

## 2. Conceptos previos

### 2.1 Definiciones previas

En este apartado daremos una definición base de motor térmico y otras definiciones introductorias relativas al mundo del motor [45] [46]:

- **Motor térmico:** Máquina térmica que produce energía mecánica por el aprovechamiento de la energía térmica almacenada en un fluido y liberada por medio de una combustión. El resto de definiciones de este apartado corresponden a distintos motores térmicos.
- **Motor de Combustión Interna (MCI):** Motor térmico en que la combustión se produce en el interior del propio motor. Son los motores más comunes que incorporan los automóviles y motocicletas de uso cotidiano para el ciudadano.
- **Motor de Combustión Externa (MCE):** Motor en el que el aprovechamiento de la energía térmica del combustible se produce en un equipo independiente, como una caldera o una cámara de combustión. El inconveniente de estos motores, al contrario de los de combustión interna, es que el fluido que almacena el calor y el que proporciona la energía mecánica no son el mismo, necesitando así un intercambiador de calor. Las principales máquinas que emplean estos sistemas son:

- Máquina de vapor: Estas máquinas utilizan agua como fluido transmisor de movimiento. El agua entra en una cámara de combustión o caldera en la que absorbe energía y hierve. Este vapor saturado pasa a los cilindros que transformarán la energía térmica del fluido en mecánica.

- Turbina de vapor: El fluido transmisor de movimiento, ya con cierta energía térmica adquirida, atraviesa una tobera donde pierde presión y gana velocidad, de manera que el flujo se orienta tangencialmente hacia los álabes de la turbina, obteniendo así un movimiento rotacional absorbiendo la energía de la corriente de vapor.

Existen automóviles que incorporan motores de combustión externa, pero estos motores suelen ser montados exclusivamente por las marcas más lujosas.

- **Motor de Combustión Interna Alternativo (MCIA)**: Motor de combustión interna en el que el ciclo de trabajo y la transmisión de fuerzas se produce mediante el desplazamiento lineal y repetitivo de un émbolo o pistón, elementos que explicaremos posteriormente. Mediante elementos mecánicos, este movimiento lineal conseguido por la presión ejercida por el proceso de combustión del combustible se transforma en movimiento rotacional, permitiendo el movimiento del vehículo. Los motores que incorporan los vehículos que usa la población para el transporte son de este tipo.
- **Motor de Encendido Provocado (MEP) o de ciclo de Otto**: Comúnmente conocidos como motores de gasolina, comprimen una mezcla de aire y combustible, produciéndose la combustión por una causa externa, que suele ser una chispa provocada por un elemento del motor.
- **Motor de Encendido por Compresión (MEC) o de ciclo Diésel**: Estos motores comprimen aire hasta que este adquiere una gran presión y temperatura, momento en el que se inyecta el combustible. Las condiciones de la mezcla y la inyección hacen que la explosión que aporta la energía térmica del motor se produzca espontáneamente.
-

## 2.2 Partes básicas de un motor. Transmisión de movimiento

A continuación identificaremos las partes principales de un motor y daremos una descripción de su labor en el conjunto de nuestro vehículo, para hacernos una idea aproximada del funcionamiento del mismo y de cómo transforma la energía obtenida del combustible en movimiento.

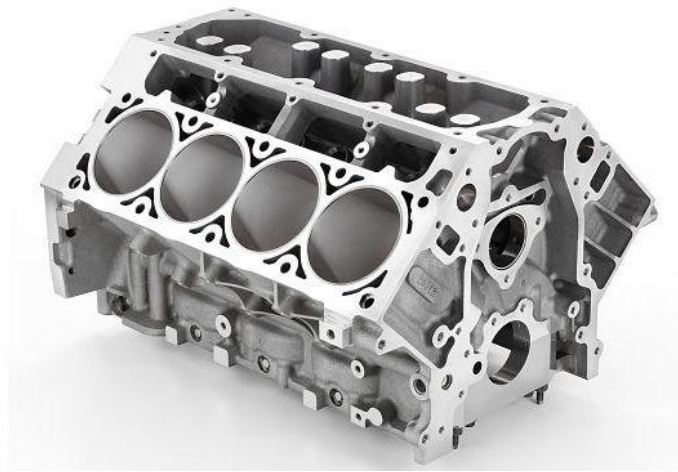
La descripción que daremos de las partes del motor se centrará en dos subgrupos principales, elementos fijos y elementos móviles

### 2.2.1 Elementos fijos del motor

Son elementos cuya posición es invariable, es decir, no experimentan movimiento relativo en relación a otros componentes del vehículo. Su función es alojar otras partes del motor y sirven como nexo estructural para el conjunto. Los principales elementos fijos son:

- **Bloque:** El bloque es el elemento soporte más importante del motor, ya que sobre él se sustentan o unen el resto de elementos tanto fijos como móviles del motor del vehículo. Es la pieza principal que se encarga de dar cohesión estructural al conjunto del motor. Entre sus características principales, destacamos que tiene que tener una elevada rigidez estructural, a fin de minimizar su deformación cuando es puesto en servicio, su masa ha de ser elevada para poder amortiguar ruidos y vibraciones asociadas al proceso de combustión, y tiene que estar provisto de conductos que permitan la refrigeración del conjunto. La geometría del bloque da lugar a los cilindros, cavidades en las que se realiza el proceso de combustión y extracción de energía de los motores. La naturaleza de esta geometría da lugar a las distintas configuraciones de los motores según la disposición de sus cilindros, de la que se hablará posteriormente.

**Ilustración 5: Bloque de un motor V8**



El bloque puede sufrir distintos daños asociados a su funcionamiento normal. Los principales son de desgaste y gripaje. El desgaste se produce por erosión del material, especialmente en los cilindros, que tienden a perder su geometría inicial, adquiriendo un cierto ovalamiento en su sección transversal. El bloque sufre gripaje cuando las piezas que tienen movimiento relativo con respecto a los cilindros (pistón y segmentos, que veremos posteriormente) experimentan dilatación por falta de lubricación o refrigeración. Así, pueden producirse microsoldaduras entre las paredes del cilindro y estos elementos, quedando las superficies deterioradas y entorpeciendo el funcionamiento normal.

- **Culata:** La culata es el elemento que se fija al bloque en su parte superior, cerrando los cilindros y sellando así el proceso de combustión en el motor. Su función también es estructural, y ha de alojar otros elementos como conductos de admisión y escape, conductos de refrigeración y lubricación, orificios para bujías, inyectores o calentadores según sea un motor gasolina o Diésel, y parte o totalidad de la cámara de combustión.

Entre sus requerimientos principales están una alta resistencia, para soportar la presión de los gases del proceso de combustión, tener una buena capacidad de evacuar calor, por las altas temperaturas a las que está sometida, resistir el ataque

químico, ya que los gases de la combustión pueden ser corrosivos en muchos casos y mantener la estanqueidad, para evitar fugas de gases, refrigerante o lubricante en su unión al bloque.

Suele estar fabricada en fundición de hierro y aluminio generalmente. Es importante que tenga el mismo coeficiente de dilatación del bloque, para no crear tensiones con el mismo cuando el motor trabaja bajo condiciones extremas de temperatura. Los daños más comunes que sufre son debidos a un sobrecalentamiento de la misma, deformando los planos de junta con el bloque. También puede sufrir fisuras debidas a tensiones térmicas cuando falla el sistema de refrigeración.

**Ilustración 6: Culata de un motor diésel**



- **Junta de culata:** Es el elemento de unión entre el bloque y la culata, asegurando la estanqueidad entre ellos. Además debe impedir la comunicación entre los cilindros, conductos de ventilación y refrigeración. Tiene que absorber las irregularidades del plano de junta de bloque y la culata, por lo que el material del que está hecha ha de ser deformable. La junta de culata también tiene la función de repartir bien las fuerzas de apriete de forma que no se produzca deformación en la culata.



**Ilustración 7: Junta de culata**



- **Tapa de balancines:** Es el elemento que cierra el motor por su parte superior y va atornillada a la culata, interponiendo una junta de goma. Suele llevar el orificio de llenado de aceite. Los materiales más comunes son chapa de acero, aluminio y polímeros. Su avería más común es la fuga de aceite a través de la fuga de estanqueidad, que con el tiempo pierde flexibilidad y el ajuste deja de ser totalmente hermético.

**Ilustración 8: Junta de culata de un motor Mercedes-Benz**



- **Bancada:** La bancada es un elemento de apoyo encargado de sostener el tren alternativo y fijarlo al bloque de cilindros. Existen dos tipos de bancadas. Las primeras forman parte del bloque, y las segundas tienen todos sus apoyos unidos en una pieza denominada semicárter inferior. Suelen ser de fundición de hierro las de

apoyos independientes. Los motores que incorporan semicárter inferior suelen incorporarlas de aleación de aluminio, y para los grandes motores se emplea chapa soldada. No es habitual que la bancada sufra daños, excepto por el exceso de vibraciones debido al desequilibrado de los elementos del tren alternativo, que puedan provocar en ella fisuras o deformaciones.

**Ilustración 9: Bancada de motor**



- **Cárter:** Es el elemento que cierra el motor en su parte inferior y constituye un depósito de aceite de lubricación. Se une al bloque o a la bancada por medio de tornillos y en medio se aplica una junta líquida para asegurar la estanqueidad. En su parte inferior lleva el tapón de vaciado de aceite. Suele estar fabricado en aluminio o en chapa. Salvo que sufra impactos, el cárter es un elemento poco propenso a sufrir daños, siendo los más comunes fugas de aceite por mal estado de la junta de estanqueidad. Como ocurre con la bancada, determinadas partes como roscas son muy susceptibles de sufrir daños durante una reparación o mantenimiento, con lo que se recomienda hacer estas operaciones con sumo cuidado.

**Ilustración 10: Cáster de un motor**



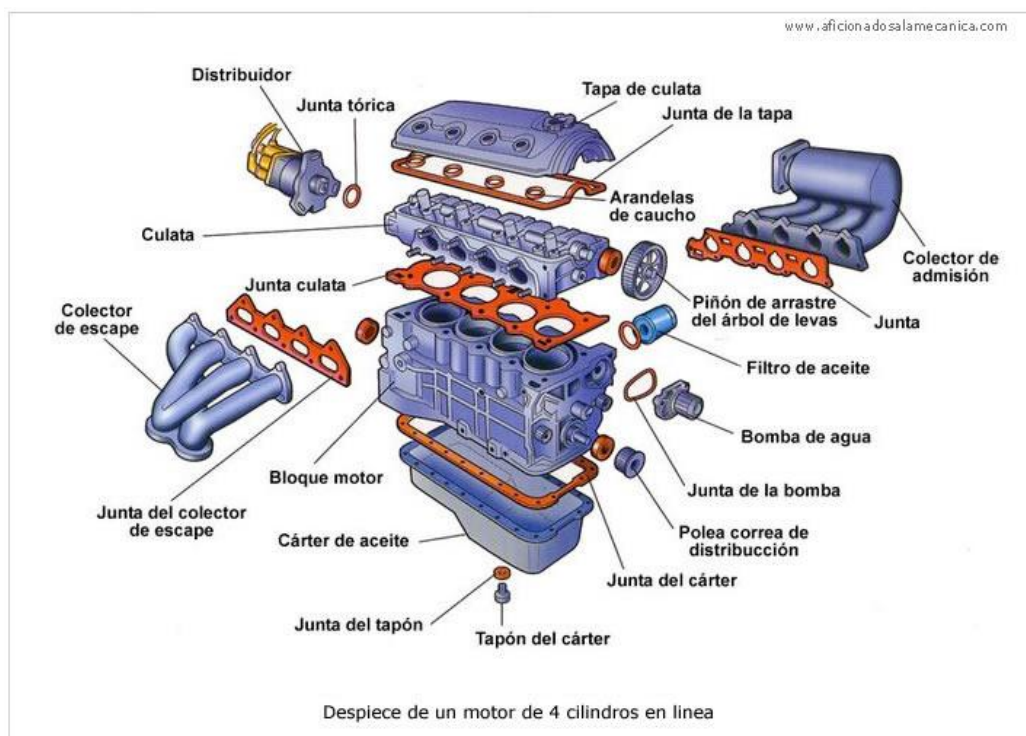
- **Colector de admisión:** Conducto encargado de introducir el aire o la mezcla de aire y combustible, dependiendo del tipo de motor, en las pipas de admisión de la culata, a la cual va atornillado. Los materiales de fabricación suelen ser fundición de aluminio o plástico.
- **Colector de escape:** Elemento encargado de evacuar los gases quemados tras la combustión hacia la línea de escape. El aspecto es similar al colector de admisión, pero los materiales son diferentes debido a las altas temperaturas que puede alcanzar el colector, ya que los gases de escape tienen una temperatura mucho más elevada que la carga de admisión. Suelen ser fabricados en fundición de hierro.

**Ilustración 11: Colectores de admisión y de escape**



A continuación, se muestra una imagen de un motor despiezado, para situar todos estos elementos en conjunto.

**Ilustración 12: Despiece de un motor con sus partes básicas**



### 2.2.2 Elementos móviles

Se consideran elementos del tren alternativo a aquellos que forman parte del mecanismo biela manivela que transforma el movimiento lineal del pistón en el cilindro en rotativo del cigüeñal. Son los elementos que nos servirán para entender el funcionamiento básico del motor de cualquier vehículo que como ciudadanos podamos tener a nuestro alcance. Los componentes principales del tren rotativo son:

- **Pistón:** El pistón es el elemento que transmite la fuerza ejercida por la presión de los gases sobre su superficie superior tras la combustión al resto de los elementos del mecanismo biela manivela. Puede llegar a soportar presiones de hasta 50 bares y

temperaturas de 250°C. Entre las características principales que tiene que tener un pistón están una elevada resistencia mecánica y térmica, una alta conductividad térmica para poder evacuar el calor fácilmente. Como su recorrido lineal está limitado por las paredes de los cilindros, ha de tener un reducido coeficiente de rozamiento con el cilindro para minimizar el desgaste y las pérdidas de rendimiento. También ha de ser lo más ligero posible para reducir las fuerzas de inercia. Podemos diferenciar cuatro elementos principales en el pistón:

a) Cabeza: Parte superior del pistón y la que está expuesta a mayor temperatura y presión debido a que es la que establece contacto directo con la ignición del combustible. Por esta razón, su espesor es mayor en relación al resto de partes del pistón.

b) Falda: Sirve para guiar al pistón en su recorrido por el cilindro. Dado que su temperatura de funcionamiento es sensiblemente inferior a la de la cabeza, es un buen elemento para transferir el calor de esta a las paredes del cilindro y de ahí a la refrigeración.

c) Alojamiento de los segmentos: Son ranuras que se practican en el contorno del pistón para introducir los segmentos en ellas. Los segmentos son unos anillos elásticos que se colocan en las ranuras del pistón y aseguran un ajuste hermético entre éste y las paredes del cilindro. Por un lado evitan pérdidas de presión de los gases de combustión y por tanto, pérdidas de rendimiento. Por otro lado impiden el paso del aceite a la cámara de combustión. Además, permiten la transferencia de calor del pistón a las paredes del cilindro y de ahí al sistema de refrigeración, y se encargan de guiar al pistón en su recorrido por el cilindro. Según su posición en el pistón, tenemos segmentos de distinta naturaleza. Los dos más cercanos a la cabeza suelen estar hechos de materiales pensados para soportar condiciones extremas de presión y temperatura propias de la combustión, aparte de la corrosión causada por los gases de la misma. Los segmentos inferiores tienen una función de engrase, repartiendo uniformemente el aceite lubricante por las paredes del cilindro y retirando el exceso a través de unos orificios practicados en su alojamiento.

d) Alojamiento del bulón: Es un orificio practicado en la falda del pistón para alojar un bulón, o eje transversal que une al pistón con la biela.

**Ilustración 13: Pistón**



- **Biela:** La biela es la pieza que comunica el bulón con el cigüeñal, transmitiéndole los esfuerzos debidos de la presión de los gases de combustión sobre el pistón, y transformando este movimiento lineal en rotativo. Debe tener una alta resistencia mecánica y una masa ligera, para minimizar los esfuerzos de inercia que sufra en su movimiento. Todas las bielas de un motor han de tener la misma masa para evitar desequilibrios. La biela consta de cuatro partes:

a) Pie de biela: Es la parte que se une al pistón por medio del bulón

b) Cuerpo o alma de biela: Une el pie con la cabeza de biela. Su sección suele ser en forma de doble T para minimizar el peso, y creciente desde el pie hasta la cabeza de biela, ya que en su extremo es donde más esfuerzos de flexión sufre.

c) Cabeza de biela y tapa de biela: Son las partes que permiten la unión de la biela al cigüeñal. La tapa de la biela se une a la cabeza a través de tornillos o tuercas, generando un orificio circular donde, con ayuda de un cojinete, se establece el contacto con el cigüeñal. La biela se fabrica en una sola pieza incluyendo la cabeza y la tapa. Estas se pueden separar tanto por corte como por impacto. La separación por corte suele dejar una interfase rugosa entre las superficies. Esto hace que cada

tapa de biela solo coincida con la cabeza de su biela original, pero aumenta la superficie de contacto entre ambas partes incrementando la resistencia y asegurando un ajuste perfecto. Suelen ser fabricadas en aceros al carbono aleados con cromo-níquel. Para los motores de altas prestaciones, pensados para girar a altas revoluciones se usan aleaciones de aluminio, más caras pero más ligeras y resistentes. El daño principal que pueden sufrir las bielas es el doblado del cuerpo.

**Ilustración 14: Biela**



- **Cigüeñal:** Es el elemento encargado de convertir la fuerza resultante de los gases tras la combustión, en un par de giro que se transmitirá posteriormente a la cadena cinemática del motor hasta llegar a las ruedas del vehículo. Podemos distinguir distintas partes en el cigüeñal:
  - a) Apoyos: Son los elementos de unión con la bancada, constituyendo el eje de giro del cigüeñal. El número de apoyos depende del número de cilindros del motor y del nivel de rigidez que se desee conseguir del cigüeñal.
  - b) Muñequillas: Son los elementos sobre los que se embridan las cabezas de las bielas. El cigüeñal tiene tantas bielas como número de cilindros.
  - c) Brazo o manivela: Es el elemento que une el apoyo con la muñequilla. La distancia comprendida entre el centro del apoyo y el centro de la muñequilla constituye la manivela y su valor suele ser la mitad de la carrera
  - d) Contrapesos: Son masas que forman parte del conjunto del cigüeñal y se sitúan diametralmente opuestas a las muñequillas para equilibrar rotativamente entre el 50 y el 60% de su masa.



Ilustración 15: Cigüeñal



### 3. Clasificación de los motores

En este apartado daremos una clasificación específica de los motores que cualquier persona podría encontrar en su vehículo.

- **Según el ciclo que realicen:** Para que el motor pueda entregar un trabajo es necesario producir la una combustión de una mezcla de combustible (gasolina o gasoil) y un comburente (oxígeno del aire). Según el modo de realizar la combustión, los motores pueden realizar dos ciclos diferentes:

a) Ciclo de Otto: El motor admite una mezcla homogénea de combustible, para este caso gasolina, y aire. La mezcla se comprime y la combustión comienza tras el salto de una chispa efectuada por un componente del motor denominado bujía. Por esto, los motores que siguen el Ciclo de Otto son motores de encendido provocado (MEP).

La regulación de la carga es cuantitativa, es decir, que la proporción de combustible y aire varía entre unos límites muy estrechos. Cuanta mayor demanda de potencia exija el motor, exigirá también mayor cantidad de mezcla

Estas son las características de los motores de gasolina convencionales.

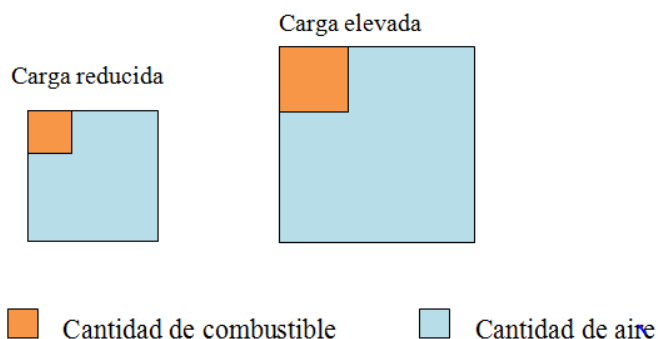


b) Ciclo Diésel: En el período de admisión, a diferencia de los motores que siguen el ciclo Otto, el motor admite aire. El aire se comprime, adquiriendo elevadas condiciones de presión y temperatura. Al final de la compresión se inyecta el combustible (gasóil). Estas condiciones que adquiere el aire comprimido provoca que, con la inyección del combustible, la inflamación ocurra de forma espontánea, sin necesidad de un componente externo que detone la combustión. Así, los motores diésel son motores de encendido por compresión (MEC). La regulación de la carga es cualitativa, es decir, la proporción de combustible y aire varía dependiendo de la demanda de potencia del motor. El motor admite la mayor cantidad de aire posible, y a mayor demanda de potencia, mayor cantidad de combustible inyectado.

A continuación, presentamos un esquema gráfico a modo de explicación de los conceptos de carga de motor "cuantitativa" y "cualitativa".

- ***Regulación de carga del motor cuantitativa:***

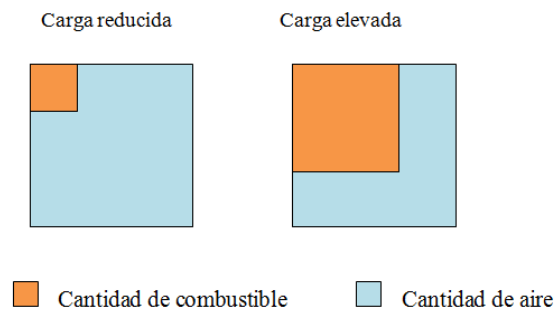
**Ilustración 16: Representación gráfica de regulación de carga de motor cuantitativa**



En el esquema de carga para los motores de gasolina, vemos que el área de la zona que representa la cantidad de carga aumenta significativamente cuando elevamos la carga, en comparación al área representada por cargas del motor reducidas. En cambio, el aumento de combustible no es tan significativo en pasos de cargas reducidas a elevadas, siendo el aumento del área que representa el combustible más moderado del paso de carga reducida a elevada.

- **Regulación de carga del motor cualitativa:**

**Ilustración 17: Representación gráfica de carga de motor cualitativa**



Para el caso de los motores diésel, vemos que la cantidad de combustible y comburente es constante en casos de carga reducida y carga elevada, diferenciándose este último de que el aumento de la cantidad de combustible es mucho más elevado proporcionalmente en el caso de cargas elevadas en comparación a motores de gasolina.

- **Según la forma que tengan de realizar el ciclo:** Para realizar el ciclo de trabajo, los motores de combustión interna, ya sean gasolina o Diésel, necesitan cuatro fases. Estas fases son las que nos ayudarán a comprender cómo el vehículo transforma el movimiento lineal provocado por la explosión de combustible en movimiento rotacional [47]:

a) Admisión: En todo motor de movimiento alternativo, el pistón, en su movimiento rectilíneo a lo largo del cilindro, tiene dos posiciones, el punto muerto superior (PMS) y el punto muerto inferior (PMI). El PMS expresa que el pistón está en la parte de su recorrido más cercana a la zona superior del cilindro, y el PMI indica que se encuentra en la zona más alejada. En la fase de admisión, el pistón empieza su recorrido en el PMS. Al iniciar su primer movimiento hacia abajo, se abre una válvula en la parte superior al cilindro que da paso a la mezcla de combustible. Al final de este

movimiento, el cilindro ha succionado la cantidad precisa de este combustible, y nos encontramos en el PMI.

- b) Compresión: En su movimiento hacia arriba, el pistón comprime la mezcla hasta llevarla a un punto de fácil ignición, con condiciones de presión y temperatura óptimas. Señalamos que la naturaleza de la sustancia comprimida varía según el motor sea de gasolina o diésel.
- c) Combustión: Cuando el pistón se acerca al PMS se produce la combustión de la mezcla, mediante la chispa accionada por la bujía, o se inyecta el gasóleo en el caso del diésel. Esto provocará una ignición cuya energía se aprovechará para desplazar al pistón hacia abajo. De este movimiento se obtiene el trabajo que hará moverse al vehículo. El movimiento lineal del pistón es transmitido en forma de par al eje del cigüeñal. Este par será trasladado mediante la cadena de transmisión a las ruedas del coche.
- d) Escape: Para cuando el pistón ha llegado de nuevo al PMI, se ha agotado la fuerza de combustión. Se abre entonces en la parte superior del cilindro una válvula de escape. El pistón realiza el recorrido del PMI al PMS debido a la inercia del giro, y ayudado por los contrapesos del cigüeñal para empujar en su recorrido y expulsar los productos de desecho.

En función de las carreras necesarias del pistón para realizar esas cuatro fases se distinguen dos tipos de motores:

- a) Motores de dos tiempos: Realizan las cuatro fases en dos carreras del pistón, es decir, completan un ciclo por cada vuelta de giro del cigüeñal.
- b) Motores de cuatro tiempos: Realizan las cuatro fases en cuatro carreras del pistón, es decir, completan un ciclo por cada dos vueltas de giro del cigüeñal.

- **Según la presión de admisión**: Dependiendo de la presión existente en el colector de admisión, se distinguen:

- a) Motores atmosféricos: La presión en el colector de admisión es aproximadamente la atmosférica. Este tipo de motores también son llamados de aspiración natural.

b) Motores sobrealimentados: La presión del colector de admisión es superior a la atmosférica. Esto se consigue mediante la instalación de un compresor mecánico o un turbo compresor.

- **Según el número y disposición de los cilindros:** Según la cantidad y la disposición espacial de los cilindros de un motor, podemos encontrar los siguientes tipos

a) Motor en línea: Es la disposición de cilindros más sencilla y por tanto la más económica. Dado que el límite práctico de tamaño de cilindros es de unos 500cc, los motores de cuatro cilindros son utilizados para capacidades de hasta 2.000cc, y de seis cilindros para capacidades entre 2.000cc y 3.000cc. Hoy en día muchos motores de cuatro cilindros se montan transversalmente, en lugar de longitudinalmente para proporcionar mayor espacio a los pasajeros en el interior del coche [46] [48] [47].

**Ilustración 18: Motor con disposición de cilindros en línea [30].**



b) Motor en V: Las configuraciones en "V" son, en términos generales dos bancos de cilindros de motores en línea unidos, con una determinada inclinación entre sí. Cada banco puede tener dos, tres, cuatro o seis cilindros, dando como resultado motores en "V" de entre cuatro a doce cilindros. El motor en V de cuatro cilindros, "V-cuatro" es innecesariamente complicado, necesitando un eje compensador y contrapesos en el cigüeñal para reducir las vibraciones. Pero para motores de seis o más cilindros de capacidad, es una configuración idónea. Esto es debido a que la longitud de tales motores es poco mayor que la longitud de cada banco de cilindros.

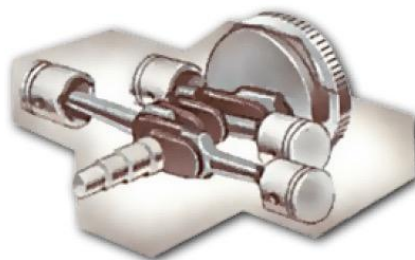
Así, por ejemplo, un "V-seis" es mucho más corto que un motor en línea de seis cilindros de la misma capacidad y proporciona más espacio para los pasajeros en relación a la longitud total del vehículo. La configuración en V, por otra parte, implica que algunos componentes del motor (tales como las juntas de culata o los mecanismos de accionamiento de las válvulas) han de duplicarse. El diseño del cigüeñal y su fabricación son más complejos, y las reparaciones mucho más costosas. Así pues, en coches de seis cilindros no supondría mayor ventaja tener un motor en V en lugar de uno en línea, sin embargo, la configuración en V es la única posible para ocho o más cilindros. En la imagen incorporamos un ejemplo de un motor V-8.

**Ilustración 19: Motor con disposición de cilindros en V [30].**



c) Motores horizontales o planos: En esta configuración, los cilindros están situados unos frente a otros en el mismo plano. Los motores de este tipo carecen casi de vibraciones porque el movimiento de cualquiera de los pistones en una dirección está casi exactamente compensado por el movimiento de su pistón opuesto en la dirección contraria. Su desventaja es la anchura. Un motor plano de cuatro cilindros con una capacidad mayor de 1.500cc es difícil de acomodar a la anchura de un coche. Por esta razón pueden resultar de difícil mantenimiento y reparación. En los casos en que no hay problemas de anchura, como en autobuses y vehículos pesados, la configuración horizontal es corriente. Las dificultades de mantenimiento pueden superarse incorporando el motor al chasis como una parte más de la estructura, de forma que pueda desmontarse para llevar a cabo reparaciones.

**Ilustración 20: Motor con disposición de cilindros horizontal [30].**



- **Según su ubicación en el vehículo:** La situación del motor en el vehículo influye en determinados factores vitales para la conducción y características del vehículo. La ubicación está directamente relacionada también con el número de cilindros que incorpore el motor. Según ésta, podemos encontrar el motor ubicado en tres configuraciones principales:

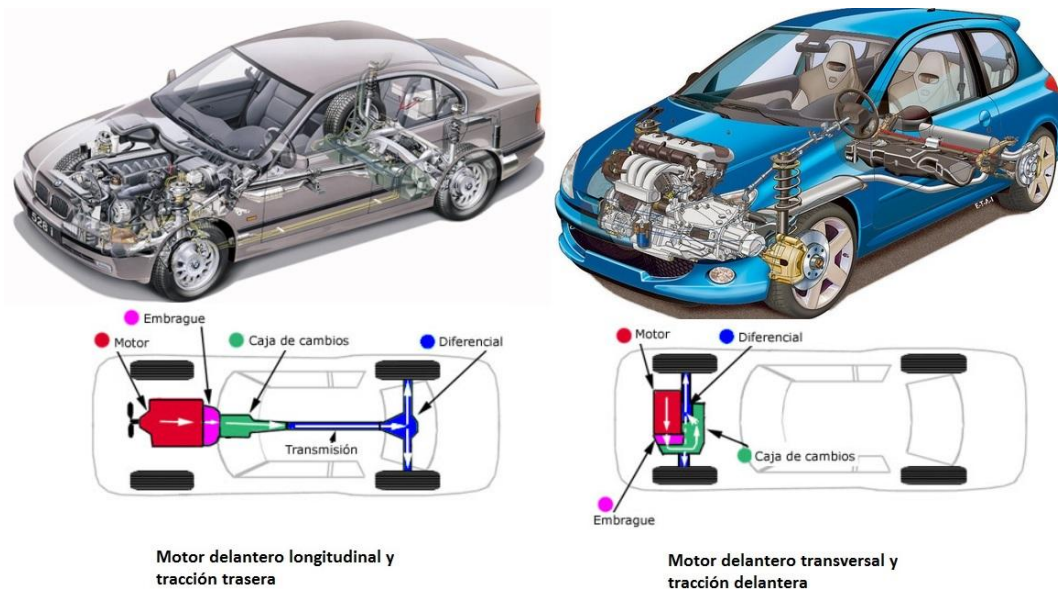
a) Delantero transversal: Se asocia a vehículos de tracción delantera. La cualidad principal de estos vehículos es que al utilizar el motor delantero en posición transversal el cigüeñal y la transmisión van en ejes paralelos, por lo que nos ahorramos engranajes en comparación a un motor de tracción trasera, y en consiguiente, el precio del vehículo suele ser menor por el ahorro de componentes. La posición delantera del motor favorece la refrigeración del mismo, protege a los ocupantes ante un choque frontal, y permite un mayor aprovechamiento del espacio. Cuando el motor se sitúa delante y de forma transversal, se consigue un ahorro de espacio en el vano motor, además de ser una configuración óptima para la tracción delantera. En cambio, a la hora de frenar, el reparto de pesos puede estar en torno al 75% en la parte delantera y 25% en la parte trasera, lo que puede provocar una descompensación perjudicial. El mayor peso en la parte delantera también suele provocar un desgaste más rápido de los neumáticos delanteros.

b) Delantero longitudinal: Esta disposición suele estar asociada a los coches de tracción trasera. Al emplear un motor en esta configuración es necesario un árbol de transmisión entre la caja de cambios y el diferencial, lo que supondrá un aumento en

los componentes y la inversión, lo que hace que generalmente el precio de los coches de tracción trasera sea más elevado que los de tracción delantera. Los vehículos que cuentan con esta disposición de motor son más efectivos con el acelerador, debido a que tienen mayor peso en la zona trasera, pero pueden tener problemas de tracción si el coche no lleva ocupantes en la parte de atrás y no vamos acelerando a fondo. Tienden a derrapar más fácilmente en las curvas, situación que por otro lado puede corregirse con un correcto reparto de pesos (más fácil de conseguir en coches con esta configuración dada la mayor versatilidad de espacio que permiten). Dada la situación del motor, tienen más espacio para la dirección del vehículo, y esta es más ágil y ligera a priori.

A continuación se muestra un esquema comparativo entre las disposiciones longitudinal y transversal en un turismo [49].

**Ilustración 21: Vehículos con disposiciones de motor delantera longitudinal (izq.) y delantera transversal (dcha.)**  
[31]



c) Central: Si el motor está entre los ejes delantero y trasero, su posición es central. Un motor central delantero se ubica por detrás del eje delantero y delante del

habitáculo del vehículo. Un motor central trasero está detrás del habitáculo y por delante del eje trasero. La disposición central del motor permite un reparto más equilibrado de masa entre los dos ejes, lo que hace que se requiera menor inercia para empezar y dejar de girar. Por esto la distribución central del motor se utiliza especialmente en automóviles deportivos y de carreras. Sin embargo, esta disposición reduce sensiblemente el habitáculo del vehículo [50].

A continuación, mostramos un esquema de un vehículo con disposición central trasera del motor:

**Ilustración 22: Vehículo con disposición de motor trasera central**



## **4. Rendimiento y consumo gasolina VS diésel**

A continuación, presentamos un resumen guiándonos en determinados puntos para exponer las diferencias más significativas entre vehículos con motores de gasolina y motores diésel.

- **Proceso de combustión**

En los motores de gasolina, el combustible se mezcla homogéneamente con aire, para después originar la combustión con una chispa eléctrica en la bujía. En los motores



diésel, se comprime aire para posteriormente inyectarle el combustible. El comienzo de la combustión ocurre de manera espontánea, sin necesidad de forzamiento externo debido a la alta temperatura y presión a la que está el aire [46].

- **Volatilidad del combustible**

La volatilidad es la capacidad de un fluido para evaporarse. Ya que el objetivo en la gasolina es que forme una mezcla homogénea con el aire, ésta debe tener una elevada volatilidad, así esta mezcla puede formarse a temperaturas bajas. La volatilidad del gasóleo menor en comparación a la de la gasolina, ya que mientras que en la gasolina interesa que se produzca una combustión homogénea y rápida en la mezcla, en caso de los motores diésel el gasóleo se quema a medida que se va inyectando [46].

- **Densidad**

Una de las razones por las que el diésel tiene mayor rendimiento que la gasolina es la densidad. La densidad de un combustible está directamente relacionada con su rendimiento. Mientras que la densidad media de la gasolina oscila entre 720 y 775 kg/m<sup>3</sup> a 15°C, la densidad media del gasoil a esta temperatura está entre los 820 y los 845 kg/m<sup>3</sup> [46].

- **Poder calorífico**

El poder calorífico es la cantidad de energía o calor que es capaz de generar el combustible tras su combustión completa, y que luego se transformará en trabajo. El poder calorífico es otra de las razones por las que el rendimiento de los motores diésel a igualdad de condiciones es superior al de los motores de gasolina, ya que el poder calorífico del gasóleo es superior al de la gasolina [32].

- **Relación de compresión**

Indica el grado en que se comprime la mezcla de combustible. Se calcula dividiendo el volumen de desplazamiento del pistón, es decir, el volumen del espacio que deja el pistón en el cilindro cuando está en el PMI entre el volumen al alcanzar el PMS [47]. Cuanto mayor sea la relación de compresión de un cilindro, mayor es su fuerza motriz,

y mayor es su rendimiento. Los motores diésel suelen tener mayores relaciones de compresión que los motores de gasolina, por eso la relación de compresión es un punto a favor del gasóleo en cuanto a eficiencia [32].

# Capítulo 5: Escándalo Volkswagen

Una de las líneas de trabajo principales de este TFG es hacer eco de la relación que existe entre el sector transporte de cualquier país desarrollado y el medio ambiente y la salud. Una relación delicada, ya que con las fuentes de energía de propulsión de uso predominante hasta la fecha, hemos contribuido enormemente a aumentar las concentraciones de GEI en la atmósfera, y a empeorar la calidad del aire que respiramos.

La responsabilidad social que se espera de un sector en constante crecimiento, y que tiene una repercusión tan directa en la vida de los ciudadanos es muy elevada. España, por ejemplo, fue a 2010 el cuarto país del mundo con más coches por habitante, llegando a alcanzar la cifra de 480 vehículos por cada 1.000 habitantes, por detrás de países como Japón y EEUU [51]. Y este dato, reflejo del grado de convivencia entre vehículos y población, tiene proyecciones de aumentar. En 2016, según el analista de tendencias de mercado JATO Dynamics, durante el primer cuarto de año las ventas de vehículos aumentaron un 2,8% en comparación al mismo periodo de 2015, con 20,44 millones de vehículos vendidos a nivel mundial [52].

Y es en las grandes ciudades, donde la convivencia entre vehículos y población alcanza un punto crítico. La contaminación del aire mató aproximadamente a 7 millones de personas en 2012 según la OMS [53]. De hecho, el reparto de responsabilidades sobre la contaminación del aire está claramente desequilibrado hacia el lado del transporte, debiéndose aproximadamente el 80% de la contaminación del aire en España al tráfico rodado [54].

Esto ayuda a hacerse una ligera idea de la magnitud de la responsabilidad social que tienen los grandes gigantes de la automoción. No solo tienen el deber de llevar a cabo una constante investigación en la búsqueda de energías limpias y renovables, que permitan tanto mejorar la calidad del aire y de la vida en las ciudades como contribuir a la idea de perpetuar y la idea de "desarrollo sostenible", sino que además se espera de ellos un grado de transparencia absoluto en relación a datos sensibles para la población y su salud, como son las emisiones y el consumo de sus vehículos.

Por esto, en el presente capítulo vamos a desgranar el sonado caso Volkswagen, una estafa en que se vio envuelta el mayor grupo automovilístico del mundo, en la que millones de clientes se vieron afectados al ser engañados en relación a la cantidad de gases contaminantes que emitían sus vehículos. Este escándalo sobre emisiones, que se destapó en EE.UU. ha afectado a numerosos países a lo largo del mundo entero, entre los que se encuentra España.

## 1. Grupo Volkswagen

### 1.1 Historia del grupo Volkswagen

El origen de la marca reside en Ferdinand Porsche, nacido en 1875. Desde muy joven sintió pasión por el mundo del motor, emprendiendo distintos proyectos de diseño automovilístico con otros socios. Un compañero en uno de sus proyectos, Jakob Werlin, informó a Adolf Hitler de uno de los proyectos en que estaba inmerso Porsche. Hitler, que para ese entonces estaba inmerso en la idea de diseñar un coche al alcance de la clase media, en contraposición con los vehículos de alta gama que abundaban por la Alemania de los años treinta, quería presentar al mundo el concepto de "Volksauto" (en alemán, coche del pueblo). Hitler se reunió con Porsche en Berlín, y juntos, alimentaron la idea de este vehículo. El 22 de julio de 1934, la Asociación Nacional de la Industria del Automóvil de Alemania encarga a Porsche el diseño del wolksauto. Un año después se construye el primer prototipo [55].

En mayo de 1937 se crea la Sociedad para la Preparación del Coche Alemán, que en 1938 pasaría a denominarse Volkswagenwert. Por otro lado, a principios de ese mismo año comienza en Wolfsburg la construcción de la planta que albergaría la producción del nuevo vehículo en serie. Finalmente se presenta al público el VW38, el famoso "escarabajo" (Beetle en inglés), bautizado así por la similitud entre su forma y la del insecto [56].

La fábrica sufriría un cambio de manos tras la Segunda Guerra Mundial. Con el fin del conflicto, el Gobierno militar británico asume el control de la compañía, y bajo el mando del mayor Ivan Hirst, comienza la producción en serie del Volkswagen Beetle. En 1947 comienzan las primeras exportaciones, y al año siguiente la fábrica le es devuelta a los alemanes. La producción del Beetle no cesa, fabricándose en 1948 y 1949, 25.000 y 50.000 unidades respectivamente. Un año más tarde, superados los 100.000 vehículos, se amplía la familia con la famosa furgoneta Bully [56].

Tras importantes mejoras técnicas implantadas en el Beetle, su modelo estrella, en 1955 Volkswagen alcanzaría el millón de unidades. En la década de los sesenta, Volkswagen fundaría una filial en México, alcanzando tras un año de actividad el 21,8% de cuota de mercado, con 22.220 coches comercializados [56].

Volkswagen se convierte en el mayor fabricante de automóviles del mundo en 1972 con 15.007.034 unidades producidas [57]. El Beetle supera así el legendario record del Ford T. La presentación del Passat en 1973 fue el punto de partida para los modelos de nueva generación. Volkswagen tendría que buscar un digno sucesor al Beetle, cuyas ventas comenzaron a estar en declive, y en 1974 comienza en Wolfsburg la construcción del primer Golf. Tras 30 años y 11.916.519 unidades, el Beetle deja de fabricarse.

El nuevo Golf pasa a ser un referente en el mundo de la automoción al ser presentado en el Salón de Fráncfort en 1975. Le acompaña su versión GTI, de dimensiones más reducidas, el Polo. En 1979 Volkswagen uniría su estructura de ventas a Audi.

La llegada a España de Volkswagen se produce en 1981, cuando establece en Madrid su delegación de ventas, VAG España, S.A. Ese año presentó un nuevo proyecto de motor turbo diésel de inyección directa con tres cilindros, y formalizó un acuerdo de colaboración con Seat, lo que permitió a este último formalizar la apertura del mercado peninsular. De esta manera, Seat se convierte en la tercera firma independiente del Grupo Volkswagen [56].

El gigante alemán siguió creciendo y ampliando su familia en el período de 1991-2000. Tras el control de Skoda, Volkswagen vio abierto el mercado automovilístico del centro y este de Europa. Fue una época de crecimiento absoluto para la marca, presentando entre otros, la tercera y cuarta generación del Golf, el Passat IV, Sharan y hasta una nueva reedición del Beetle, realizada sobre la plataforma del Golf IV. Tras la adquisición de las marcas Rolls-Royce, Bentley y Lamborghini, el grupo comienza a producir vehículos de alta gama. En 1999 se inicia la construcción de la Fábrica Transparente de Dresden, en la que ensamblaran los modelos de lujo de la marca y se proyectará en Concept D, un prototipo que más tarde sería bautizado como Phaeton [56].

El último periodo que cabe mencionar va del 2001 hasta la actualidad. En 2001 llega de la mano de Volkswagen el motor diésel más potente, el V10 TDI de 313 CV. En 2002 Volkswagen se convierte en el único poseedor de los doce récords más importantes de distancia y velocidad. El grupo también destacó en el ámbito deportivo, consiguiendo en 2005 el tercer puesto en el Rally Dakar. En febrero, la Expedición Touareg inscribe su hazaña en el Libro Guinness al contar con el vehículo que alcanza la mayor altitud del planeta, 6.080 metros [56].

El 24 de mayo de 2008 sale de las líneas de montaje el vehículo "100 millones", un Touran 1.9 TDI de color plata. Ese momento histórico refleja el éxito de una compañía con más de 133.000 empleados en todo el mundo y que distribuye sus vehículos en más de 150 países [51].

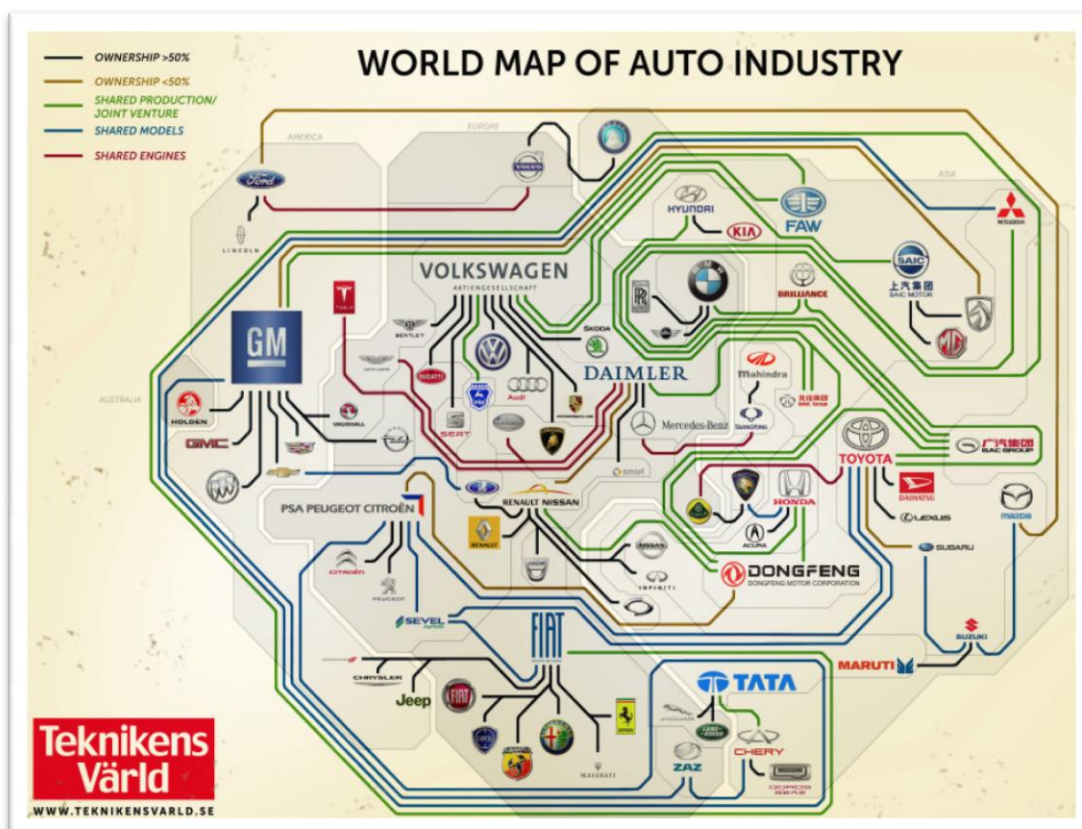
A lo largo de los últimos años, la firma alemana ha continuado lanzando nuevos modelos, como la sexta generación de su compacto más exitoso [56].

## 1.2 Peso en el mercado del grupo Volkswagen

Volkswagen es un referente indiscutible en el mundo del motor con cifras de producción y ventas que lo avalan. Es junto a Toyota y General Motors, uno de los principales grupos automovilísticos, en una industria que se podría considerar un

oligopolio, ya que a pesar de existir muchas marcas diferentes de automóviles, la mayoría de ellas pertenece a unos pocos fabricantes. Por otro lado, las constantes fusiones, adquisiciones, y participaciones hacen que muchos fabricantes formen parte de una misma corporación o sociedad. El mercado del automóvil es un entramado complejo y dinámico de relaciones entre marcas y fabricantes que está en constante cambio. A continuación, mostramos un mapa-esquema de los fabricantes que conforman la industria del automóvil y sus distintas interrelaciones a fecha de 2015 [58].

**Ilustración 23: Mapa de relaciones entre grupos automovilísticos [39]**



**Tabla 1: Resumen de ventas por años del grupo Volkswagen**

Año	Ventas
2008	Subió las ventas hasta una cifra record de 6,23 millones de unidades vendidas, superando en un 0,6% la cifra de 2007 [59].
2009	El grupo Volkswagen eleva su número de ventas de vehículos a 6,29 millones de unidades,



	un 1,1% más que en el ejercicio anterior [60].
2010	Sus ventas siguen aumentando, registrando en este periodo un total de 7,14 millones de ejemplares, debido principalmente a la expansión de mercado en China [61].
2011	Vuelve a batir su propio récord con 8,16 millones de vehículos vendidos. Esta cifra le permite superar al gigante japonés Toyota, aunque se mantiene como segundo fabricante tras General Motors [62].
2012	Se superan una vez más con un nuevo récord, consiguiendo vender un total de 9,07 millones de automóviles en el mundo. Se subraya la importancia de nuevas cotas de venta en mercados de China y EE.UU. Se coloca como tercer grupo automovilístico, por detrás de General Motors, con 9,2 millones de unidades, y de Toyota, primer grupo automovilístico con un total de 9,7 millones de unidades vendidas [63].
2013	Continúa la tendencia de superación, con 9,7 millones de vehículos vendidos. Registramos contrastes de tendencias, dándose una caída del 0,5% del mercado en Europa, concretamente en Alemania, y una subida sin embargo principalmente en Norteamérica [64].
2014	La compañía alemana continúa su ascenso ininterrumpido, llegando a los 10,4 millones de unidades vendidas, y adelantando tres años su plan estratégico en el que estaba previsto superar los 10 millones de unidades vendidas para 2018 [65].
2015	En 2015 se produce la primera caída de las ventas mundiales del grupo Volkswagen, sufriendo una disminución del 2%. El grupo alemán vendió 9,3 millones de unidades. Este retroceso en las matriculaciones viene marcado claramente después que la compañía se viera afectada en la última parte del año pasado por el escándalo de manipulación de emisiones [65].

En este cuadro resumen se observa que la tendencia imparable de mejora que siguió Volkswagen desde el 2008 se vio truncada por el escándalo sobre emisiones en que se vio inmerso el grupo automovilístico. Este cuadro nos ayuda a considerar la idea de la enorme influencia que tiene el grupo en el mercado del transporte, y por tanto, el impacto que

puede suponer para la sociedad que un grupo de las dimensiones de Volkswagen se vea inmerso en un escándalo como en que se vio involucrado.

## 2. Crónica del escándalo sobre emisiones NOx

En este apartado se desarrollará con detalle el fraude en que se vio inmerso el grupo alemán, describiendo cómo manipularon los datos de emisiones declaradas en algunos de sus modelos, y el alcance y consecuencias de su engaño, tanto para la propia empresa como para la sociedad.

### 2.1 Destape del escándalo

La Organización Protectora del Medio Ambiente en Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés), comunica en 2015 a Volkswagen la existencia de una investigación que llevaron a cabo en 2014, después que ingenieros de la Universidad de Virginia realizaran pruebas a varios vehículos diésel de la marca y advirtieran grandes diferencias entre las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) declaradas en las pruebas realizadas a los vehículos y las reales. Posteriormente, un portavoz del consorcio que tiene su sede en Wolfsburg, señaló que la empresa había admitido el engaño, al instalar de manera deliberada un programa informático diseñado para falsear los valores de emisiones en las pruebas realizadas a los vehículos en laboratorio, reconoció la culpa ante las autoridades estadounidenses y adujo estar en permanente contacto para solucionar el problema. Poco después, el presidente de la junta ejecutiva de Volkswagen, Martin Winterkorn, declaró que la firma había iniciado una intensa investigación para descubrir el origen del engaño, y pidió disculpas por la falta cometida [66].

La EPA envía una carta a Volkswagen, fechada a 8 de julio, avisándole de que si no modificaba el sistema no le permitirían vender los nuevos modelos diésel en Estados Unidos.

### 2.2 ¿Qué hizo exactamente Volkswagen?

Volkswagen instaló un software capaz de reconocer que el coche estaba siendo sometido a un control de contaminación, para activar una serie de medidas para que el nivel de emisiones de los vehículos se mantuviese dentro de los límites legales (80mg/km de nitrógeno en coches diésel) [67]. El sistema se apagaba cuando el vehículo era usado con normalidad [68].

Los vehículos modernos llevan incorporados multitud de computadoras, y algunos de estos mini ordenadores ayudan a coordinar las funciones del motor para un óptimo funcionamiento, asegurándose de regular la cantidad de residuos de escape. Básicamente, cada parte de un coche moderno tiene un sensor o un procesador registrando miles de datos por segundo y haciendo ajustes, como por ejemplo el ratio en la mezcla de carburante y aire que va a los cilindros de los motores de gasolina. Los modelos alterados por la marca Volkswagen son diésel. Los vehículos diésel cuentan con un parámetro controlado por ordenador realmente importante, la cantidad de carburante sin consumir que se desaloja por el tubo de escape. Para regular esto, los vehículos diésel cuentan con un dispositivo llamado trampa de óxidos de nitrógeno, que regula la cantidad de óxidos de nitrógeno liberados a la atmósfera. Este dispositivo funciona con elevadas cantidades de combustible consumiéndose. Cuando el vehículo estaba bajo la prueba de un test de emisiones en los rodillos de un laboratorio, el software detectaba que las condiciones no eran las de circulación normal, y aumentaba sensiblemente el consumo de carburante. Así, la trampa de óxidos de nitrógeno actuaba, y las lecturas de los escapes quedaban por debajo de los límites establecidos por la ley. Cuando el vehículo circulaba por carreteras en circunstancias habituales, el dispositivo se apagaba. La quema de combustible se reducía, pero para entonces se estaba contaminando en torno a cuarenta veces más de lo permitido por el estándar.

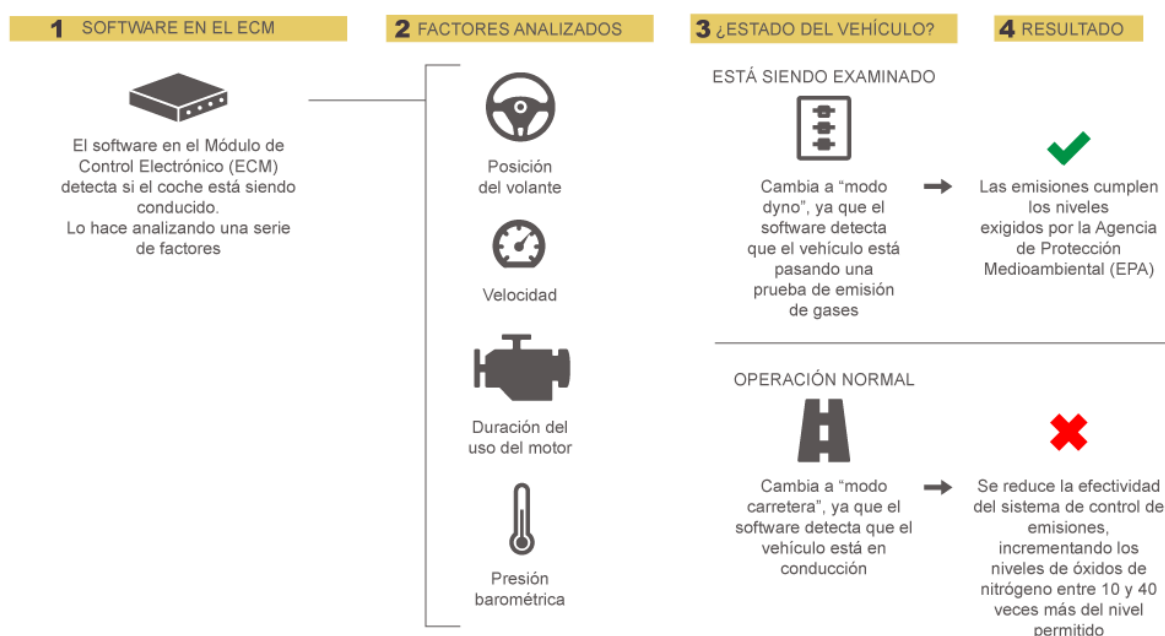
No hay mucha información detallada sobre todo el proceso técnico que implicaba el software fraudulento de Volkswagen. Respecto a cómo sabía el vehículo las condiciones de las pruebas a las que estaría siendo sometido, el sistema tenía sensores sofisticados capaces de reconocer una prueba de laboratorio según parámetros como la posición del volante, la

velocidad del vehículo, el tiempo durante el que permanece encendido el motor o la presión atmosférica [69].

En resumidas cuentas, algo tan sofisticado y tan cuidadosamente diseñado e implantado no puede ser fruto más que de la intencionalidad más absoluta de cometer un fraude.

A continuación se adjunta un esquema a modo resumen del protocolo de actuación del software fraudulento [70].

**Ilustración 24: Esquema resumen de falseamiento de emisiones de NOx por Volkswagen [48]**



## 2.3 Magnitud inicial del escándalo

La EPA denuncia en primera instancia que 482.000 coches de las marcas Volkswagen y Audi vendidos en EE.UU. entre 2008 y 2015 se vieron afectados por la modificación en su nivel de emisiones en laboratorio. En concreto, se trata de los modelos Jetta, Golf, Passat, Beetle, y Audi A3. Todos equipados con motores diésel TDI de cuatro cilindros. No obstante, la empresa reconoció que en todo el mundo hay once millones de vehículos con

ese mismo propulsor, conocido con el nombre de **EA189** con ese mismo software [70]. El software del vehículo se apaga cuando éste es usado con normalidad, pero para entonces el vehículo contamina entre diez y cuarenta veces más de lo permitido. Desde Volkswagen aseguraron que aunque no cumpliesen los estándares de emisiones, los vehículos a efectos de conducción eran seguros y que su uso estaba dentro de la legalidad.

Las consecuencias económicas para la firma fueron inmediatas. Tras el anuncio, los títulos de Volkswagen cayeron casi un 4%. La estimación de la penalización económica inicial fue de un máximo de 37.000 dólares por cada vehículo, pudiendo elevar la suma total a 18.000 millones [71].

## 2.4 El problema crece

La magnitud inicial del fraude de la firma alemana creció enormemente en los días siguientes al descubrimiento, extendiéndose por varios frentes. La compañía admitió que el alcance del engaño era mucho mayor que lo conocido inicialmente, siendo **once millones** los vehículos afectados en todo el mundo, en lugar de los 482.000 vendidos en EE.UU. El aumento de esta cifra se debe a que motor diésel utilizado en el engaño, el EA 189, no sólo lo utiliza la matriz, sino sus filiales Audi, Skoda y Seat. El impacto bursátil se agudizó, haciendo perder a la empresa en dos días 25.000 millones de euros, un 35% de su cotización. Por otro lado, varios Gobiernos iniciaron investigaciones y tomaron medidas legales contra Volkswagen, como el de EE.UU, Alemania, Francia, Italia o Corea del Sur [72].

En un comunicado oficial, el entonces cabeza del imperio automovilístico, Martin Winterkorn, pedía disculpas. *"Haremos todo lo posible para recobrar, paso a paso, la confianza perdida [...] Presento mis mayores disculpas a los clientes, a las autoridades y a toda la opinión pública por nuestro comportamiento"* aseguró a través de un video mensaje [73]. La credibilidad del dirigente de Volkswagen quedó seriamente dañada. Muchos expertos dudaron de que Winterkorn, un ejecutivo que le gustaba estar al tanto de los

detalles técnicos de los vehículos, no supiera nada del software fraudulento con el que la empresa se saltaba las normas medioambientales.

La empresa anunció una dotación provisional de 6.500 millones de euros para hacer frente a las posibles pérdidas, cifra que se antojaba escasa teniendo en cuenta todas las demandas legales a las que tendría que hacer frente.

### **3. Escándalo Volkswagen en España**

Las consecuencias de una estafa acometida por una empresa tan grande afecta a todos los países en los que tiene presencia, ya sea en calidad de consumidor a nivel individual, como económica y socialmente al conjunto del país. La incertidumbre generada en los mercados con su correspondiente repercusión en la bolsa, la puesta en riesgo de futuras inversiones en el país, el impacto social con el sentimiento de desconfianza generado y por supuesto, el impacto real de las emisiones en salud y medio ambiente, son algunas de estas consecuencias.

La primera reacción de España fue exigir a Volkswagen a través del Ministerio de Industria explicaciones detalladas del alcance del escándalo. El ministro de industria, Jose Manuel Soria remite, a los pocos días de conocerse el escándalo, una carta a la dirección de Volkswagen pidiendo que el grupo "suministre lo antes posible toda la información necesaria para determinar el alcance del problema en general y de manera específica en nuestro país" [74]. Además, España, como no podía ser de otra manera solicita "información en términos concretos sobre cuántos vehículos de los once millones afectados han podido ser vendidos en el mercado español". El Gobierno también ha decidido crear un grupo de trabajo para seguir el escándalo, que podría afectar a las plantas del grupo alemán en España [75].

En los días sucesivos fueron varias las noticias y primeros rumores que surgieron en torno al alcance de la magnitud del escándalo, sembrando de incertidumbre el panorama español. La empresa de automóviles Seat, filial española del consorcio alemán, se vio salpicada de primera mano. Según fuentes vinculadas a la empresa, Seat montó más de

medio millón de los propulsores fraudulentos en sus vehículos desde 2009. La compañía admite en un correo electrónico haber "equipado también los motores EA189 en algunos de sus vehículos", pero evitan confirmar o desmentir la cifra. La marca se aferra a los comunicados de su matriz y solo mantiene una cifra oficial: los once millones de coches afectados. Los motores montados por la compañía serían los mismos que los utilizados por Volkswagen y Audi en Estados Unidos. Los fabricaba el consorcio alemán en sus factorías especializadas y se los vendía a distintas filiales. Seat los habría montado, sobretodo en su fábrica de Martorell (Barcelona), en los vehículos comercializados desde 2009 hasta 2015 con el mismo sistema informático que reducía las emisiones de gases contaminantes durante los controles de los reguladores. A finales de septiembre de 2015 Seat remite un correo electrónico al periódico El País, destacando que los modelos que estaban para ese entonces actualmente a la venta ya no montan los propulsores fraudulentos: "Todos los vehículos nuevos vendidos por Seat en la Unión Europea equipados con los motores EU6 cumplen, sin excepción, los requisitos legales y las normas medioambientales". Seat vendió en 2014 un total de 378.586 vehículos. En España comercializa en torno al 17% de sus unidades, un mercado en el que es la segunda marca con más éxito de ventas, justamente tras Volkswagen [76].

Los días siguieron pasando sin que Seat concretase el número de vehículos afectados por la crisis de los motores diésel. Pero el 21 de septiembre de 2015 Audi anuncia que tiene 2,1 millones de coches montados con el propulsor manipulado, afectando de lleno a las instalaciones de Seat en Martorell, epicentro de la producción del Audi Q3, - uno de los modelos afectados- para el mercado europeo. Desde que empezó su fabricación en 2011, se han ensamblado en la fábrica barcelonesa 343.281 unidades del todo-camino con diferentes motorizaciones. La adjudicación de fabricación del Audi Q3 a la fábrica de Martorell no fue gratuita. Volkswagen la condicionó a un compromiso de la plantilla de mayor flexibilidad laboral y una congelación salarial temporal, elementos que acabaron sembrando diferencias entre la unión sindical, con UGT favorable a la negociación y CC.OO. denunciando una suerte de chantaje. Facua-Consumidores en Acción pasaba a anunciar que preparaba denuncias contra las diferentes marcas de Volkswagen. La organización logró aglutinar a 5.145 propietarios de vehículos Volkswagen, Audi, Skoda y

Seat con motores diésel y los empezó a asesorar para que pudieran reclamar ante cada una de las marcas. En paralelo, prevé presentar una batería de denuncias contra las administraciones competentes para que estas impongan "multas proporcionales a la gravedad del fraude" [77].

Finalmente, Seat admite a finales de septiembre de 2015 ser responsable de alrededor de 700.000 vehículos equipados con el software fraudulento afectando al propulsor EA189, suponiendo algo más del 6% de los once millones de vehículos afectados por todo el grupo. La marca Volkswagen ha admitido cinco millones de unidades de turismos que montaban el motor manipulado, Audi es el responsable de otros 2.1 millones de unidades y Skoda de otros 1,2 millones. La compañía española, que es también la más pequeña, sería la menos afectada en volumen, aunque no en proporción. La crisis afecta a todos los modelos de Seat vendidos entre 2009 y 2015, con algunas excepciones. Solo se excluye el Mii, que montaba motores de gasolina. Los modelos León e Ibiza serían los más afectados, además del Alhambra, Exeo y Altea [78].

Finalmente, casi dos semanas después de que las autoridades estadounidenses denunciasen a Volkswagen como autora de uno de los mayores fraudes en el sector automovilístico de la historia, la compañía puso números concretos sobre la magnitud del escándalo en España. El número total de vehículos equipados con el motor diésel de tipo EA 189 Euro 5, capaz de esquivar las pruebas de emisiones y obtener la homologación, asciende a un total de **683.626**. La filial española de la empresa alemana informó del número de vehículos en un comunicado en que se detalla el total de vehículos equipados con el software fraudulento, desglosado por marcas [79].

**Tabla 2: Vehículos afectados en España por marcas por el escándalo Volkswagen [56].**

<b>Marca</b>	<b>Número de vehículos afectados</b>
Volkswagen	257.479
Seat	221.783
Audi	147.095
Skoda	37.082



Volkswagen Vehículos Comerciales	20.187
----------------------------------	--------

Al desglose de vehículos le siguió la publicación en las distintas páginas web de las marcas afectadas, de un número de contacto gratuito en el que los clientes se podrían informar si su coche está entre los afectados.

La filial española de Volkswagen fue la última en desvelar los datos de motores trucados. El anuncio llegó horas después de que las divisiones de Volkswagen desvelaran datos similares en Reino Unido, Francia, Noruega y República Checa. La filial británica informó de que 1.189.906 vehículos estarían afectados. En Francia circulaban para ese entonces 948.064 vehículos con el software fraudulento, en Noruega 147.000 y en República Checa 148.000 [79].

## 4. El engaño se extiende a emisiones de CO<sub>2</sub>

Hasta el momento, el escándalo en que se había visto envuelto el grupo Volkswagen tenía una dimensión únicamente relacionada con el trucaje en las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) en once millones de vehículos. Los óxidos de nitrógeno son un grupo de gases compuestos por óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en el que el dióxido de nitrógeno es el contaminante principal. Cabe recordar en este punto, que además del impacto económico, este escándalo supone un atentado directo contra la salud humana y medioambiental.

El dióxido de nitrógeno es una sustancia corrosiva para la piel y el tracto respiratorio. La inhalación en elevadas concentraciones durante un corto período de tiempo puede originar un edema pulmonar, y una exposición prolongada puede afectar al sistema inmune y al pulmón, dando una menor resistencia frente a infecciones y causar cambios irreversibles en el tejido pulmonar. Con respecto a los impactos producidos en el medio ambiente, el dióxido de carbono influye directamente en la formación del smog fotoquímico y la lluvia ácida, causando grandes destrozos en bosques y la acidificación de aguas superficiales [80].

Parecía así que las consecuencias para la salud pública y medioambiental del escándalo de la firma alemana estaban acotadas dentro del radio de acción de los óxidos de nitrógeno, pero posteriormente veríamos que esto no sería así ya que la trama alcanzaría nuevas proporciones. A principios de noviembre la empresa alemana reconoce en un comunicado que la investigación interna llevada a cabo a raíz de las emisiones fraudulentas de NOx ha sacado a la luz "incoherencias inexplicables" en otras emisiones, las de dióxido de carbono, en al menos 800.000 vehículos, en su mayoría diésel. Este primer anuncio fue parco en información, ya que no se especificaron más detalles del nuevo descubrimiento, ni en qué países se vendieron estos vehículos afectados, cuándo se fabricaron o en cuánto se exceden los niveles permitidos. La única evidencia por el momento es que nos encontrábamos ante un caso distinto del software fraudulento, que implica nuevas emisiones y dota al problema de una nueva dimensión. El dióxido de carbono influye directamente en el cambio climático, y a diferencia de las emisiones de NOx, las emisiones de dióxido de carbono sí son un criterio que utiliza, por ejemplo, el ministerio de Industria, Energía y Turismo español a la hora de conceder subvenciones a los fabricantes automovilísticos [81].

Por otro lado, las emisiones de CO2 están mucho más controladas por los Gobiernos del mundo y hay objetivos muy exigentes en todos los países para cumplir sus límites.

Este nuevo engaño consistía básicamente en que los gramos de CO2 emitidos por algunos de los vehículos de la marca alemana, eran superiores a los valores fijados en las pruebas medioambientales. La incertidumbre con el descubrimiento de esta nueva rama del engaño Volkswagen era total, ya que no se detallaron los modelos de las marcas de vehículos afectados por las emisiones de CO2, ni los años en que se fabricaron. Según un portavoz del grupo alemán, los modelos afectados serían [82]:

**Tabla 3: Modelos supuestamente afectados por irregularidades en las emisiones declaradas de Co2 [59].**

<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>
Volkswagen	Polo, Golf, Passat
Audi	A1, A3
Seat	León, Ibiza

Skoda	Oktavia
-------	---------

La mayoría de ellos (720.000 unidades) serían diésel. Aunque en esta segunda parte del escándalo entran en juego los vehículos de gasolina, una gran mayoría de los vehículos afectados son diésel, viéndose seriamente dañada una vez más la imagen dada por el gigante alemán sobre la eficiencia y el respeto por el medio ambiente de estos vehículos.

Unido al hecho de implicar al CO<sub>2</sub>, gas que influye directamente en el cambio climático, hay otras razones por las que este engaño sería más grave que el del óxido nítrico. El ex presidente del grupo Volkswagen, Martin Winterkorn, que dimitió a raíz del primer episodio del escándalo, afirmó en 2014 que cada gramo de emisiones de CO<sub>2</sub> que reducían en sus vehículos suponía un coste técnico de cien millones a la empresa [83]. Este coste tan elevado podría explicar los intereses de la empresa en camuflar el valor real en las emisiones de sus vehículos.

Una falta tan grande a la responsabilidad social que se presupone de las empresas, más de una tan grande como Volkswagen, afecta de manera directa a la sociedad y al ciudadano como individuo. Los vehículos con bajas emisiones de CO<sub>2</sub> disfrutaban de ayudas de adquisición del plan PIVE, ayudas que Volkswagen tendría que devolver para sus vehículos que emitan mas CO<sub>2</sub> del declarado. Por otro lado, estos vehículos con bajas emisiones reciben bonificaciones en el impuesto de matriculación, en el impuesto de circulación e incluso se paga menos por aparcar en zonas de estacionamiento especial de ciudades como Madrid. Una masa de vehículos que consumen más de lo declarado supondrían una pérdida manifiesta para la Administración de cualquier país. Por otra parte, el usuario también sufre las consecuencias. Aunque estos vehículos sigan siendo seguros y aptos para la circulación, si emiten más CO<sub>2</sub> del declarado por el fabricante, significa que se está consumiendo más combustible del pactado con la venta del vehículo. Los usuarios han estado pagando por tanto, más combustible del que les prometió la compañía al venderles el coche [83].

## 5. Baile de cifras y problemática de CO2 en España

En las sucesivas semanas al descubrimiento de esta nueva cara del escándalo, nuestro país se vio inmerso en un baile de cifras concernientes a los detalles sobre el número de vehículos afectados. En primera instancia, el vicepresidente mundial de Volkswagen, precisa la primera semana de noviembre al ministro de Industria español, José Manuel Soria, que 50.000 de los 800.000 vehículos en los que se han detectado irregularidades en las emisiones de dióxido de carbono circulan por España [84]. Menos de una semana después, en un seminario sobre el gas natural en la Fundación Rafael del Pino, el propio ministro afirma que el número de vehículos afectados en nuestro país eran algo más de 30.000 [85].

La trama daría un giro aparente en diciembre de 2015. El grupo alemán dio a conocer la primera semana de mes el resultado de una investigación interna que indicaría que la mayoría de los modelos que incumplían las emisiones de CO2 cumplen con los valores permitidos y notificados. Un portavoz de la firma alemana limitó a 36.000 el número de vehículos producidos el último año que no cumplen con los estándares. A pesar de esto, la empresa no especificó el número de coches afectados en producidos en periodos anteriores. Se puede observar que este número es alarmantemente inferior a los 800.000 vehículos de los que se informó inicialmente [86].

La noticia fue dada a conocer en un breve comunicado en el que se exponen las conclusiones de la investigación. "Tras extensas pruebas y mediciones internas solo se han encontrado ligeras desviaciones en nueve modelos". "No se ha confirmado la sospecha en la manipulación de cifras de consumo y tampoco será necesario realizar modificaciones técnicas en los vehículos". Los modelos afectados serían un Polo, un Sirocco, dos Jetta, dos Golf y tres Passat.

Tanto la Oficina Federal de Vehículos alemana como el ministerio de Transporte, afirmaron desconocer el resultado de las investigaciones internas y apuntaron que contrastarían la documentación que remitiese Volkswagen con los servicios técnicos independientes. Según los análisis del fabricante alemán, las desviaciones detectadas son

"pocos gramos de dióxido de carbono" , lo que se corresponde con un aumento del consumo alrededor de 0,1 ó 0,2 litros por cada 100 kilómetros [87].

Como se puede observar, la incertidumbre sobre la magnitud real del problema es absoluta. A día de hoy, no se conoce con exactitud ni certeza cuántos vehículos de los que están circulando por nuestro país lo hacen con unas emisiones por encima de las homologadas. Por otro lado, la información que ofrece un fabricante tan grande como Volkswagen sobre un dato tan trascendente como el consumo de carburante se antoja insuficiente y vaga. El ciudadano no se hace a la idea de la repercusión medioambiental que puede suponer ese 0,1 o 0,2 litro consumido extra por cada 100 kilómetros. Una de las principales motivaciones a la hora de realizar este TFG es contextualizar este exceso de consumo, traducirlo a unidades de CO<sub>2</sub> equivalente en España. Teniendo en cuenta el tamaño del parque de vehículos diésel otorgado por la DGT, y sirviéndonos de la herramienta del cálculo de la huella de carbono, a través de la suposición de varios escenarios se estimará la diferencia para el medio ambiente en términos cuantitativos de CO<sub>2</sub> que puede suponer esta variación declarada en el consumo del vehículo.

## **6. Pruebas de emisiones/vehículos en laboratorio**

Ha quedado expuesto que la transparencia en materia automovilística es un elemento esencial para que la relación entre consumidor, medio ambiente y fabricante sea lo más sana posible, teniendo el consumidor en todo momento información real sobre factores que le afectan tanto en el ámbito tanto de la salud como en el económico. El consumo del vehículo es una pieza angular en esta relación, ya que es uno de los factores que más dinero le cuesta mejorar al fabricante y más vigilado por Gobiernos y agencias medioambientales. El fabricante siempre intentará jugar con el consumo a su favor, para ajustar al máximo sus beneficios y ahorrar costes, por tanto es necesario concienciarse de la importancia que cobra una política de absoluta sinceridad respecto a este tema.

Al hablar de datos de consumo certificados en los vehículos, uno de los factores clave relacionados con esto es el tipo de pruebas que se realizan a los mismos para medir las

emisiones contaminantes. La veracidad de estas pruebas es algo que no siempre se cumple, quedando a día de hoy un largo camino por recorrer para mejorar en este aspecto.

La Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA, por sus siglas en inglés) admite que las pruebas para controlar las emisiones de CO<sub>2</sub> y óxidos de nitrógeno están desfasadas. "El anticuado procedimiento usado en Europa no refleja las condiciones de conducción reales", un problema que llevan reportando durante años diversas organizaciones. La agencia destaca que la brecha entre las emisiones de CO<sub>2</sub> que detectan los tests, y las que se generan en condiciones reales de conducción se han disparado en los últimos años hasta llegar a un 40% ahora [88].

En este apartado se analizan en detalle las distintas fuentes de emisiones contaminantes que puede haber en un vehículo, la naturaleza de las pruebas que se realizan actualmente de emisiones a los vehículos, y el origen de las discrepancias entre los resultados obtenidos en un test de laboratorio y los que se obtendrían de condiciones de conducción reales. Por otro lado, se verá que los fabricantes tienen a su disposición en estas pruebas distintos factores con los que "jugar" para que los resultados de estos test sean favorables a ellos. Cabe recordar que las mejoras técnicas para reducir el consumo del vehículo suelen ir asociadas a grandes inversiones, por tanto, no cabe ninguna duda de que en general, el fabricante optará, si está en disposición, por aprovecharse de todos los factores posibles para obtener mejores resultados en las pruebas de emisiones de sus vehículos antes que invertir grandes cantidades de dinero en reducir sus emisiones en una proporción que es, generalmente pequeña en comparación a la cantidad monetaria destinada.

## 6.1 Tipos de emisiones en los vehículos

En este apartado se detallan las distintas fuentes de emisiones que podemos encontrar en un vehículo convencional [41]:

- **Emisiones de escape:** Son emisiones producidas principalmente de la combustión de diferentes productos derivados del petróleo, como la gasolina, diésel, gas natural y

gas de petróleo licuado (LPG). Estos combustibles son mezclas de diferentes hidrocarburos, es decir, compuestos que contienen hidrógeno y átomos de carbono. En un motor ideal, el oxígeno del aire reaccionaría en un proceso de combustión con todo el hidrógeno del combustible para formar agua y CO<sub>2</sub> con todo el carbono del combustible, y el nitrógeno del aire permanecería inalterado. En la realidad, ningún proceso de combustión es perfecto; así, los motores de los vehículos emiten distintos contaminantes además de CO<sub>2</sub> y vapor de agua. La cantidad de cada contaminante depende del tipo de combustible usado, por ejemplo, si es diésel o gasolina y de la tecnología y sofisticación del motor [41].

- **Emisiones de abrasión:** Son emisiones producidas por la abrasión mecánica y la corrosión de las distintas partes del vehículo. La abrasión es únicamente importante para las emisiones de partículas en suspensión (PM) y de algunos metales pesados. Se denomina material particulado a una mezcla de partículas líquidas y sólidas, de sustancias orgánicas e inorgánicas que se encuentran en el aire y cuya exposición crónica aumenta el riesgo de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y cáncer de pulmón [89]. La abrasión mecánica de componentes como los neumáticos, frenos, embrague, superficie de la carretera se asocia a emisiones de elevados niveles de PM, así como la corrosión de componentes como el chasis o la carrocería [41].

- **Emisiones evaporativas:** Son el resultado de los vapores que se escapan del sistema de combustible del vehículo, importantes para los compuestos orgánicos volátiles. El vapor del combustible contiene una variedad de distintos hidrocarburos que pueden ser emitido a la atmósfera en cualquier momento en el que el combustible se encuentre en el depósito, aunque el vehículo esté aparcado con el motor apagado [41].

## 6.2 ¿En qué consiste una prueba de emisiones en un vehículo?

El test de emisiones de un vehículo es un procedimiento complejo. Las mediciones estandarizadas en los laboratorios están pensadas para asegurar que el vehículo cumpla con

los requerimientos oficiales para las emisiones de escape. Aun así, los procedimientos oficiales utilizados actualmente en Europa no son representativos de las condiciones reales de conducción. Este problema ha llevado al desarrollo de nuevos procedimientos de medida así como de sistemas de medición de emisiones portables para obtener mejor información sobre las emisiones de conducción reales.

A continuación se describe el proceso de revisión en laboratorio de emisiones en vehículos empleado actualmente en Europa [41]:

Según las leyes europeas, antes de ser vendidos, los vehículos deben ser puestos a prueba para verificar que cumplen con los estándares de salud, seguridad y medioambientales exigidos. Para ello, ya que no es práctico ni viable evaluar cada uno de los vehículos, se prueba un vehículo representativo de la producción, considerado como representativo de su propio tipo. Si cumple con todos los estándares, el modelo obtiene la documentación que acredita su aprobación. Es responsabilidad de los Estados miembros verificar estas homologaciones.

Como parte de estas pruebas, todos los vehículos ligeros (turismos, motocicletas, ciclomotores y vehículos comerciales ligeros) tienen que ser puestos a prueba en un **dinamómetro de chasis**, más conocido como **banco de rodillos**. El banco de rodillos es una estación diseñada para reproducir lo más fielmente posible las condiciones de operación real de un vehículo. El vehículo es conducido sobre rodillos rotatorios situados bajo cada una de sus ruedas, permitiendo que la posición relativa del vehículo no varíe y así poder ser probado a puertas cerradas en un laboratorio. El banco de rodillos sigue un determinado patrón de conducción, y simula la inercia del vehículo, así como la resistencia del aire y la fricción con la carretera. El nivel de resistencia del dinamómetro es ajustado para cada tipo específico de vehículo para simular el nivel de resistencia que encontraría en condiciones reales lo más fielmente posible teniendo en cuenta:

- **Resistencia aerodinámica del vehículo:** Parámetro en el que influye el tamaño y la forma del vehículo, determina cuánto aire tiene que mover el vehículo



en su movimiento. Cuánta más resistencia encuentre, mayor será el gasto energético [41].

- **Resistencia en los neumáticos:** Un factor relacionado con el diseño del neumático, determina cuánta energía necesita el vehículo para vencer la resistencia causada por la interacción entre vehículo y terreno [41].

### *6.2.1 Prueba inicial de deslizamiento*

Para establecer el rozamiento de la carretera y reflejar adecuadamente las características reales del vehículo, en primer lugar se realiza un test de deslizamiento en el exterior. Este test consiste en dejar deslizar al vehículo fuera del laboratorio por un determinado terreno sin ninguna marcha engranada, mientras que simultáneamente se registra la velocidad y la distancia recorrida hasta que el vehículo se detiene. Este test permite evaluar las fuerzas de rozamiento ejercidas por el terreno a ciertas velocidades, así como las distintas condiciones del terreno, para así poder reproducirlas en el laboratorio cuando el vehículo es probado en el banco de rodillos.

### *6.2.2 Determinación de emisiones de escape*

Para determinar las emisiones y el consumo de combustible, cada vehículo sigue un ciclo de conducción predefinido en el banco de rodillos. Un ciclo de conducción en el que se somete al vehículo a distintos ciclos de aceleración, cambios de marchas, velocidades estables, deceleraciones y rodamiento en punto muerto. Un conductor instruido se encarga de someter a los vehículos a estos ciclos respetando un margen de tolerancias.

Mientras que el vehículo es sometido a este tipo de pruebas en el banco de rodillos, las emisiones de escape se recogen en bolsas selladas para su posterior análisis. Los resultados de emisiones se miden en gramos de contaminante por kilómetro recorrido

Los niveles de emisiones dependen principalmente de los factores relativos al vehículo en concreto, como el modelo, tamaño, tipo de combustible y la propia tecnología que

incorpore. Aparte de la configuración del vehículo, la dinámica de conducción, incluyendo velocidad del vehículo, aceleración, tiempo de marcha en punto muerto y cambio de marchas; tienen una gran influencia en los resultados de los test de emisiones. Así, entre las primeras razones para las discrepancias entre un test de emisiones de laboratorio y una conducción real, señalamos las posibles inexactitudes que presenta un banco de pruebas unido a la pericia y hábitos del conductor.

### *6.2.3 Determinación de emisiones evaporativas*

Para medir las emisiones evaporativas del vehículo, el coche se sitúa en una cámara completamente sellada denominada SHED (Sealed Housing for Evaporative Determination). La SHED está equipada con un sistema para simular distintas condiciones de temperatura y con instrumentación para medir el nivel de hidrocarburos evaporados que emite el vehículo.

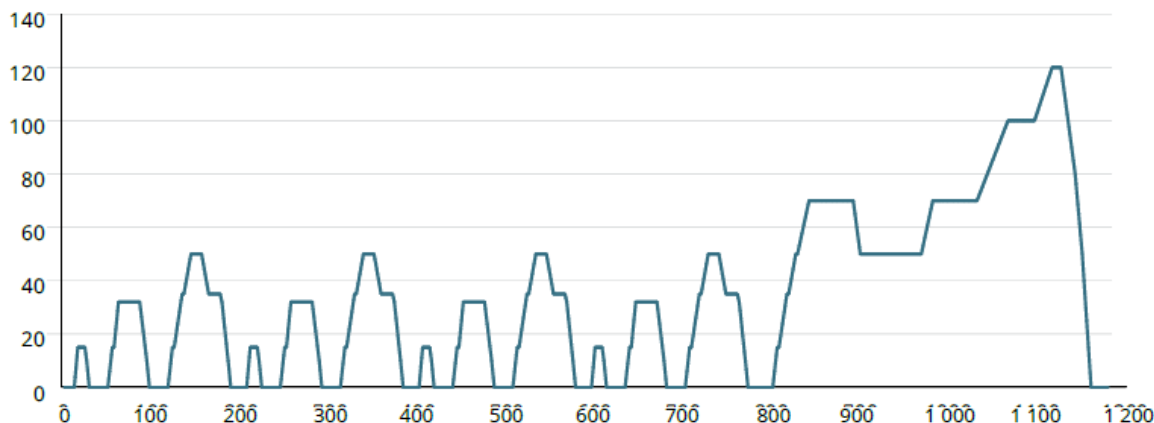
## **6.3 Panorama actual de ciclos de test de emisiones en la Unión Europea**

A continuación, describiremos los distintos ciclos de pruebas a los que se someten los vehículos en los bancos de pruebas en la Unión Europea.

- **New European Driving Cycle (NEDC):** Es el protocolo usado en el presente para evaluar las emisiones de los vehículos bajo la legislación de la Unión Europea. Fue instaurado por primera vez en 1970 con la idea de reproducir las condiciones de conducción típicas de las ciudades trabajadoras europeas [41]. En 1990 fue actualizado para representar más fielmente modelos de conducción más rápida. El NEDC consta de dos partes, una de conducción urbana y otra interurbana. El NEDC fue diseñado originalmente cuando los vehículos eran más ligeros y menos potentes que los actuales. Por esto, este test incluye únicamente un patrón simple de velocidades con bajas aceleraciones, velocidades constantes y numerosas fases de conducción en punto muerto. A continuación mostramos un gráfico

representativo del patrón de velocidades alcanzadas a lo largo del tiempo seguidas por el NEDC.

**Ilustración 25: Régimen de velocidades (km/h) y tiempos en un test NECD [66].**



Actualmente se asume que el NEDC está claramente desfasado, hecho respaldado por la comunidad científica y usuarios particulares. Existen evidencias de que el valor de las emisiones y el consumo de combustible medido en el laboratorio es ampliamente menor que los niveles reales obtenidos bajo condiciones reales de circulación. Posteriormente describiremos las distintas fuentes de las discrepancias entre el resultado obtenido en el laboratorio y la realidad.

- **Common Artemis Driving Cycles (CADC):** A causa de las conocidas deficiencias del NEDC, se han ido desarrollando en Europa distintos ciclos alternativos de pruebas para mejorar el conocimiento sobre unas condiciones de conducción reales. Un ejemplo de estos nuevos ciclos son los Common Artemis Driving Cycles (CADC), de uso frecuente en Europa. El desarrollo de estos ciclos alternativos se basa en análisis estadísticos de grandes bases de datos de patrones de conducción real europeos. Los ciclos incluyen tres patrones de conducción: urbana, rural y por autopista. Los resultados en las emisiones empleando test CADC se incorporan a los modelos de emisiones por transporte aplicados al mundo real. Un ejemplo de esto es el modelo COPERT. Comparado al NEDC, el CADC está

considerado mucho más dinámico, con mayores velocidades medias y máximas, mayores valores de aceleración y freno, menos periodos de conducción a velocidad constante y menor uso del punto muerto. La siguiente tabla resumen presenta las diferencias más significativas entre los dos modelos.

Characteristic	Unit	NEDC	CADC
Distance	km	10.931	50.886
Total time	s	1180	3143
Idle (standing) time	s	267	230
Average speed	km/h	33.35	58.3
Maximum speed	km/h	120	130
Cruising	%	38.8	19.3
Accelerating	%	23.6	38.8
Decelerating	%	17.3	34.5
Braking	%	16.9	21.1
Idling	%	20.4	7.32

## 6.4 Contraste entre mediciones en laboratorio y el mundo real

La brecha existente entre las mediciones de contaminantes en vehículos en laboratorio y en condiciones reales de conducción se ha incrementado durante los últimos años. Para los óxidos de nitrógeno, los vehículos regidos por la última regulación europea, la Euro 6, pueden emitir cerca de siete veces más en condiciones reales que en los test oficiales. Asimismo, los nuevos vehículos pueden emitir cerca de un 40% más de CO<sub>2</sub> en las mismas condiciones.

A continuación, se explica la naturaleza de esta brecha entre los resultados obtenidos en los test de laboratorio y las emisiones en condiciones reales de circulación, resumiéndolas en tres factores:

1) La naturaleza desfasada de los test de emisiones, que no reflejan las condiciones reales de circulación como se ha explicado anteriormente.

2) Existen flexibilidades en los test que permiten a los fabricantes optimizar los resultados de los mismos, logrando registrar menores valores de emisiones de CO<sub>2</sub>. Podemos clasificar estas flexibilidades en dos grupos: flexibilidades en el **test de rodamiento** inicial (el que sirve para determinar las condiciones de resistencia que se simularán en el banco de rodillos) y flexibilidades en el **propio test**.

- ***Test de rodamiento inicial:***

a) Especificaciones de la rueda y el neumático: La legislación es relativamente flexible acerca de la elección de la rueda y el neumático empleados en las pruebas de emisiones. Esta flexibilidad puede ser aprovechada por el fabricante para optimizar la resistencia aerodinámica y de rodadura seleccionando neumáticos de baja resistencia a la rodadura, jugando con parámetros como la anchura de la rueda.

b) Presión del neumático: La legislación indica que la presión del neumático debe ajustarse a las especificaciones del fabricante, y deben estar medidas con el neumático en frío. Aun así, la temperatura exacta de medición no se especifica en la legislación. Así, existe cierta flexibilidad que permite al fabricante inflar por encima de lo habitual los neumáticos en comparación a su uso normal, lo que resulta en una menor resistencia a la rodadura.

c) Ajuste de los frenos: La legislación permite ciertos ajustes en los frenos del vehículo para eliminar las llamadas "resistencias parásitas", o "pérdidas por frenadas" involuntarias. Esta flexibilidad puede ser usada para obtener mejores resultados en el test de deslizamiento

d) Preacondicionamiento del vehículo: La legislación especifica que el vehículo debe realizar la prueba en condiciones estándar de temperatura, pero esta

temperatura no está definida. Así, los fabricantes pueden optimizar la temperatura del vehículo a su antojo para obtener mejores resultados de resistencia a la rodadura.

e) Período previo de rodadura: La legislación específica que el vehículo debe ser sometido al test después de haber recorrido como mínimo 3.000 km. Los neumáticos deben tener ese mismo recorrido, teniendo una profundidad final entre el 90% y el 50% de la inicial. Los fabricantes utilizan neumáticos de mínima profundidad para reducir la resistencia a la rodadura.

f) Flexibilidades en el terreno: La legislación define las características del terreno donde se realizará la prueba de rodamiento, pero la superficie de este terreno no es especificada. Por esto, los fabricantes se aseguran de probar sus vehículos en terrenos lo más deslizante posible.

Conseguir un mejor resultado en las pruebas de deslizamiento aprovechando todas estas flexibilidades conlleva un menor valor simulado de los parámetros de resistencia en el banco de control, por tanto mejores resultados de emisiones. Resultados de pruebas de un reciente estudio llevado a cabo por la Comisión Europea muestra que el beneficio en los resultados de CO<sub>2</sub> por usar todas estas flexibilidades dentro de los límites permitidos en el test de deslizamiento es de un 4,5% [41]. La menor resistencia ayuda a obtener mejores resultados en las pruebas de emisiones de NO<sub>x</sub> y PM durante los tests.

- ***Test de laboratorio:***

Las flexibilidades de las que los fabricantes pueden aprovecharse en tests como en NEDC son:

a) Masa de prueba del vehículo de referencia: La masa de prueba del vehículo de referencia es la masa del vehículo sin carga, incrementada en un valor de 100 kg que tiene en cuenta a la masa del conductor y del combustible. La definición de esta masa de prueba depende de qué partes del vehículo estén consideradas que el fabricante incluye de fabricación, y qué partes sean extras que se incorporen en periodos posteriores de venta. Así, el fabricante, minimiza al máximo la masa con la

que su vehículo pasa las pruebas, traducándose en menores resistencias en el banco de pruebas.

b) Condiciones del neumático y la rueda: Como ocurre con el test de deslizamiento inicial, los fabricantes gozan de cierta flexibilidad para elegir las condiciones de los neumáticos, ya sea tamaño, profundidad o presión que les permitan obtener mejores resultados de consumos en las pruebas.

c) Instrumentación de laboratorio: La legislación regula las tolerancias de la exactitud de la medida de parámetros en las pruebas. Estas tolerancias pueden ser usadas para calibrar el equipo hacia el extremo de la tolerancia más beneficioso para el fabricante.

d) Temperatura de la celda de pruebas: La legislación define el rango de temperaturas en la sala de pruebas antes y durante el test. Generalmente, una temperatura más alta reduce la fricción en el motor y entre los componentes del vehículo. Esta flexibilidad en la temperatura aumenta la eficiencia del vehículo, reduciendo así las emisiones de CO<sub>2</sub>.

e) Carga del dinamómetro: En muchas ocasiones, los valores de resistencia que ofrece el banco de rodillos no se obtienen de la curva de la prueba inicial de deslizamiento. La legislación ofrece la opción de usar valores estándar tabulados. Este método es más incompleto en cuanto a parámetros medidos, obteniendo los vehículos generalmente valores más favorables de aerodinámica o resistencia a la rodadura de los que realmente tienen.

d) Protocolo en el cambio de marchas: La legislación define para tests como el NEDC el número de cambios de marcha y los picos de revoluciones a los que se llega durante la prueba. De hecho, el uso de marchas altas está permitido si el vehículo no puede alcanzar una velocidad de 15 km/h en su primera marcha. El uso de marchas altas generalmente implica un menor consumo, ya que las marchas altas permiten un uso más eficiente del motor.

e) Técnica de conducción: Para un conductor es muy difícil seguir exactamente el patrón de velocidades marcado por el NEDC, por eso, la legislación permite una tolerancia de  $\pm 2$  km/h entre la velocidad objetivo y la velocidad real del vehículo. Esta flexibilidad permite a conductores experimentados usar estos límites en

beneficio propio, ajustándose a los valores más bajos en velocidades constantes y realizando fases de aceleración progresivas.

3) Otros factores de uso del vehículo, ya sean dependientes del conductor, como los hábitos de circulación y conducción, o independientes, como las condiciones ambientales. A continuación quedan resumidos:

a) Uso de equipamiento electrónico de abordo: Equipamiento como pueden ser asientos calefactables, ventanas anti vaho, aire acondicionado o sistemas de entretenimiento pueden requerir cantidades extras de energía para funcionar, suponiendo un mayor consumo del vehículo. Por supuesto, todos estos aparatos extras son apagados durante el momento de la conducción.

b) Condición del vehículo: Existen factores relativos a las condiciones en que circula el vehículo que pueden tener gran peso en el consumo del vehículo.

- **Carga adicional**: Tanto de pasajeros como de equipaje, un mayor valor de la carga supone un mayor valor del consumo del vehículo.
- **Accesorios adicionales**: Accesorios adicionales como remolques, maleteros de techo o bacas, incrementan la resistencia aerodinámica, la carga, y por tanto el consumo.
- **Presión de las ruedas**: Una presión más baja de las ruedas incrementa la resistencia a la rodadura.

c) Hábitos de conducción y condiciones: Los hábitos de conducción tienen un peso significativo en el ahorro de combustible. Una conducción agresiva, con aceleraciones y frenadas bruscas disparará sensiblemente el consumo. Por otro lado, existen factores externos como la calidad del carburante, las condiciones de la carretera o los factores medioambientales que pueden influir también en el ahorro de combustible.

- La fricción en la transmisión del motor incrementa en condiciones bajas de temperatura a causa del estado frío del aceite.



- Condiciones de calor y humedad incrementan la demanda de potencia de la unidad de aire acondicionado.
- En invierno, el motor necesita más tiempo para alcanzar su punto óptimo de temperatura operativa. Esto afecta a los viajes cortos, ya que el vehículo pasa la mayor parte del tiempo en un punto por debajo de su temperatura óptima.

## 7. Otros escándalos

El descubrimiento de fraudes de estas características socava seriamente la confianza que los clientes depositan en los fabricantes automovilísticos, y hace que surjan dudas sobre hasta qué punto el resto de parámetros del vehículo pueden estar manipulados, además de dejar en muy mal lugar el compromiso social y medioambiental que se espera de cada empresa, ya sea un gigante del sector como es Volkswagen, como una empresa más pequeña. Por otro lado, este afán defraudador pone de manifiesto una incapacidad tecnológica por parte de las empresas automovilísticas de mejorar tecnológicamente.

Pero no solo Volkswagen se ha visto inmerso en un escándalo como el descrito. En abril de 2016, Mistubishi Motors, el sexto fabricante de automóviles de Japón, admitió haber manipulado los exámenes de emisiones de gases de hasta 625.000 vehículos con el objetivo de presentar mejores tasas de consumo de combustible que las reales [90]. Desde la propia empresa se reconoció que una acción de este tipo es completamente intencionada. El escándalo afectó a cuatro modelos de minivehículos. Dos son de la propia Mistubishi, el ek Wagon y el ek Space, mientras que los restantes (DayZ y Dayz Roox) fueron producidos para Nissan. El fraude fue justamente descubierto por Nissan, que vio como sus datos sobre emisiones no coincidían con los de Mitsubishi. Concretamente, los datos de Nissan mostraban que la eficiencia energética era de alrededor de un 7% menor de lo que presumía Mitsubishi. Tras una investigación interna, el fabricante concluyó que las cifras se habían falseado. La distribuidora de Mitsubishi Motors en España asegura que ninguno de los modelos afectados ha sido comercializado en territorio español [90].

Como vemos, en nuestro papel de consumidores somos susceptibles en todo momento de ser víctimas de engaños medioambientales de estas características. Es papel de los Gobiernos y de los distintos organismos reguladores, endurecer al máximo las sanciones en estos casos para que no se vuelvan a repetir, y cerciorarse de dar con los correctos procedimientos de pruebas de emisiones en los vehículos, para garantizar la mayor rigurosidad posible en estas pruebas y que la información que llega al cliente sea absolutamente transparente.

# Capítulo 6: Metodología

En este capítulo se presenta la metodología de trabajo empleada, guiada por los objetivos de este TFG, tanto para el cálculo de la HC y de los resultados que de ella derivan, como para la obtención de emisiones GEI publicadas.

En primer lugar se describe la metodología para la obtención de la HC en España en el sector transporte, para los vehículos diésel desde el 2008 al 2014. Se explicará tanto la metodología general como la específica para cada tipo de vehículo. Se detallan también las hipótesis formuladas para el cálculo de la HC.

En segundo lugar, se describirá la base de datos empleada para obtener las emisiones de GEI en España durante el mismo período 2008-2014, junto con la metodología seguida para la obtención de datos de contraste.

## 1. Cálculo de la Huella de Carbono

En este apartado se presenta la metodología para el cálculo de la huella de carbono en España para el sector transporte de vehículos diésel desde el año 2008 hasta el 2014.

En primer lugar se define el concepto de huella de carbono. Posteriormente se desarrolla una metodología general para su cálculo, para finalmente detallar la metodología específica para cada categoría de vehículo. A su vez, se incluyen todas las hipótesis y consideraciones realizadas a la hora de efectuar los cálculos

### 1.2 Huella de carbono y procedimiento de cálculo

La huella de carbono es *"la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por el efecto directo por un individuo, organización, evento o producto"*. La HC por tanto, identifica la cantidad de emisiones de GEI que son liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad y nos permite identificar y establecer medidas de reducción efectivas [91].

La HC puede corresponder a:

- **Huella de carbono de una organización:** Mide la totalidad de GEI emitidos por efecto directo o indirecto provenientes del desarrollo de la actividad de dicha organización.
- **Huella de carbono de producto:** Mide los GEI emitidos durante todo el ciclo de vida de un producto: desde la extracción de las materias primas, pasando por el procesado y fabricación y distribución, hasta la etapa de uso y final de la vida útil [Ibid]

En este trabajo se calcula la HC del sector transporte en España entendido como una organización

La base metodológica de cálculo se resume en multiplicar el llamado *dato de actividad* por el *factor de emisión* [Ibid]. Se entiende por dato de actividad el parámetro que define el nivel de la actividad generadora de GEI en el sector. El factor de emisión supone la cantidad de GEI emitidos por cada unidad del parámetro "dato de actividad".

Así, en el cálculo de HC, el nivel de actividad se medirá en energía generada por el sector, concretamente en GJ por tonelada de combustible consumido, y el factor de emisión en tCO<sub>2</sub> por TJ de energía consumido. Como se verá en las ecuaciones posteriores, la obtención del nivel de actividad pasa por el cálculo del consumo anual total de combustible.

1) Se obtienen las características del gasoil: densidad ( $\rho$ ) en kg/l [46] , el poder calorífico inferior (PCI) en GJ/t [92] y el factor de emisión (FE) en tCO<sub>2</sub>/TJ [92].

2. Se obtiene el número de vehículos de cada tipo o subcategoría: turismos, motocicletas y ciclomotores, autobuses, camiones y furgonetas durante el período estipulado 2008-2014 del parque de vehículos declarados por la DGT, en el apartado gasóleo o diésel [93]. El período de estudio se limita al año 2014 debido a la ausencia de datos en 2015.

3. Se estima la distancia media recorrida al año (km/año) por cada subcategoría de vehículo y para cada año del período considerado.

4. Estimamos además el consumo de carburante para cada tipo de vehículo diésel (l/km).

5. Obtenemos la HC para cada año del período empleando el siguiente procedimiento:

- En primer lugar se obtiene el consumo anual de combustible para cada año del periodo considerado empleando la expresión (1). En esta expresión se han realizado estimaciones para dos de sus factores, tanto para la obtención de la distancia media recorrida por cada tipo de vehículo, como también para el consumo medio de carburante para cada tipo de vehículo, que se explicarán posteriormente.

$$\text{Consumo de combustible} = C_1 = \frac{(d \cdot \rho \cdot c)}{1000} \cdot N \quad (\text{Ec. 1})$$

Siendo:

$d$  = distancia aproximada recorrida al año (km/año)

$\rho$  = densidad del gasoil (kg/l)

$c$  = consumo de combustible por kilómetro (l/km)

$N$  = número de vehículos de cada categoría

- Seguidamente calculamos el consumo de energía anual en terajulios (TJ/año) de la siguiente manera (Ec.2)

$$\text{Consumo de energía} = C_2 = \frac{C_1 \cdot PCI}{1000} \quad (\text{Ec. 2})$$

Siendo:

$PCI$  = Poder Calorífico Inferior del diesel (GJ/t)

- Finalmente, calculamos las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> en

kilotoneladas (kt CO<sub>2</sub>/año) (Ec.3)

$$\text{Emisiones anuales de CO}_2 = C_3 = \frac{C_2 \cdot FE}{1000} \text{ (Ec. 3)}$$

Siendo:

$$FE = \text{Factor de Emisión del diésel (tCO}_2\text{/TJ)}$$

### 1.3 Hipótesis generales para el cálculo de la HC

Para la realización del cálculo de la huella de carbono se consideran las siguientes simplificaciones e hipótesis:

- No se tiene en cuenta el modelo exacto de vehículo ni sus características técnicas: potencia, peso, carga adicional, aerodinámica, características del neumático, ni tampoco la edad del vehículo.
- Para el cálculo no se incluye el parque de tractores industriales.
- No se calcula la huella de carbono de la categoría tipificada como “Otros Vehículos” en los datos de la DGT ya que representan una parte muy pequeña del parque de vehículos.
- No se consideran para el cálculo remolques ni semirremolques, ya que no son vehículos autopropulsados. Además, la DGT no incluye esta tipología de vehículos en los datos que recoge.
- No se tienen en cuenta los vehículos propulsados por tecnologías alternativas. Este estudio se centra en el impacto medioambiental de los vehículos puramente diésel. Además, los volúmenes de vehículos impulsados por tecnologías alternativas representan actualmente un porcentaje significativamente menor que los propulsados por combustibles convencionales.
- No se tienen en cuenta el conjunto de emisiones indirectas que se hayan podido derivar del sector transporte, en ámbitos como la obtención de materias primas, la fabricación y la distribución.

## 1.4 Metodología de datos de partida para cada tipo de vehículos

A continuación se presenta, según para el tipo de vehículo a considerar (ya sea turismo, motocicleta o ciclomotor, camión y furgoneta o autobús), la metodología empleada para la obtención de los datos usados en el cálculo: distancia media recorrida, consumo de carburante y propiedades del gasoil (densidad, factor de emisión y poder calorífico inferior)

- **Turismos:**

- Para la obtención de la distancia media anual, o dicho de otra forma, los kilómetros-vehículo- recorrido (KVR) por el total de vehículos de un parque existen cuatro métodos. A continuación describiremos brevemente cada uno de ellos, para contextualizar el método empleado finalmente en este TFG [94].

1. **Lecturas de odómetro:** En algunos países de la Unión Europea se lleva a cabo la lectura del odómetro de los vehículos basada en la inspección obligatoria periódica de los mismos. Se obtiene el dato de distancia media recorrida en el periodo de tiempo a considerar y se multiplica por el número de vehículos. Los pasos básicos del KVR son los siguientes: se calculan los kilómetros recorridos por cada vehículo en un período de tiempo determinado, para convertirlos en kilómetros recorridos al día. Si es posible, se utiliza el intervalo entre dos pruebas, y si no, la edad del vehículo. El dato obtenido se multiplica por el número de vehículos registrados del mismo tipo, dando como resultado el volumen de tráfico diario, que a su vez se multiplica por número de días del año. Finalmente obtenemos los kilómetros recorridos al año por cada tipo de vehículo.

Este es un método muy preciso, ya que se tienen en cuenta las características específicas de cada vehículo. Al emplear este método somos conscientes de que estamos considerando los kilómetros conducidos en otros países por vehículos de matriculación nacional, así como que los kilómetros



rodados por vehículos extranjeros en territorio nacional no se tienen en cuenta, y los vehículos no obligados a inspección tampoco.

2. **Método de conteo de tráfico:** Aquí, el valor del KVR es calculado multiplicando el promedio anual de tráfico (número de vehículos) por la longitud en kilómetros de los segmentos de caminos considerados.

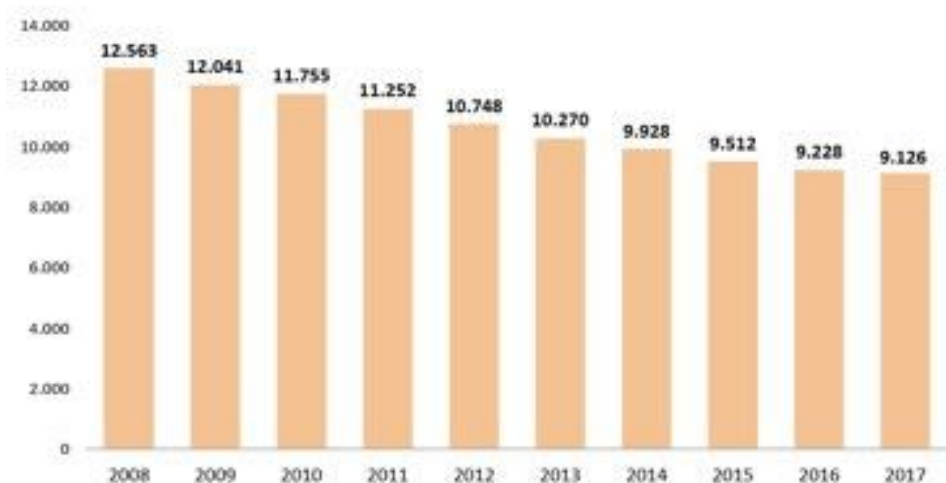
3. **Encuestas a conductores:** Método tradicional de encuestas a una muestra de la población. Generalmente se utilizan en algunos países de la Unión Europea como muestra suplementaria de información.

4. **Cálculos basados en el control de ventas de combustible y las estimaciones de km recorridos por litro:** Mediante las bases de datos oficiales de que disponga el país se obtiene la cantidad de combustible vendido a un país determinado. En el caso de este TFG, se obtendría la cantidad de gasoil demandada por el país. Posteriormente, obtenemos el consumo medio del parque de vehículos nacional usando como fuente la información proporcionada por los propios fabricantes. Cruzando datos, obtenemos la cantidad total de km recorridos por el parque de vehículos.

De los métodos mencionados, partiremos del tercero, el de encuestas a conductores, ya que el método de conteo de tráfico y el cálculo basado en los montos de ventas de combustible son muy complejos, y las lecturas de odómetro en las revisiones no se llevan a cabo en España.

Para obtener la distancia media recorrida anualmente por los turismos diésel, usamos como base el dato proporcionado por el INE en la Encuesta Sobre Hogares y Medio Ambiente realizada en 2008 [95] Debido a la ausencia de datos para los años posteriores de este estudio, estimaremos el dato para el resto de años estableciendo una correlación con datos proporcionados sobre la consultora experta en valoración de siniestros Audatex sobre el rodaje medio por año y vehículo. Partiendo del dato conocido de 2008, obtendremos los datos de años sucesivos aplicando la misma proporcionalidad ya sea en aumento o disminución con respecto a años consecutivos que en el informe de Audatex [96].

Ilustración 26: Gráfico que muestra la tendencia del rodaje medio por año y vehículo en España[88].



- Para estimar la media de consumo de carburante se ha considerado una muestra de los turismos más vendidos cada año del período de estudio. Se han recogido los diez modelos más matriculados de turismos para cada año del período 2010-2014. Estas listas se han obtenido de distintos artículos de revistas especializadas en automoción. Los artículos presentan sus datos citando como fuente informes de GANVAM y ANFAC. Dada la imposibilidad de encontrar estos informes, para este TFG se empleará la fuente secundaria, es decir, estos artículos. Posteriormente se ha obtenido de la base de datos del IDAE el consumo a los 100 km proporcionado por el fabricante de cada modelo en su modalidad de gasoil [97]. Ya que en las listas de turismos más matriculados no figura el modelo exacto de vehículo, sino que solo se menciona su nombre comercial general, se ha considerado el consumo de realizar una media aritmética de todos los consumos de turismos de la misma familia disponibles en la base de datos del IDAE. Teniendo en cuenta esto, y que como ya se ha visto los fabricantes suelen aportar consumos algo menores de los reales, los consumos presentados en este trabajo pueden diferir frente a los reales.

- **Autobuses:**

- Para la obtención del consumo medio aproximado hemos recurrido al documento de IDAE “*Guía para la Gestión del Combustible en las flotas del Transporte por Carretera*” [98]. De este documento se ha obtenido el consumo medio de tres tipos de autobuses, véanse 460CV (26 l/100km), 400CV (400

l/100km) y 230CV (19l/100km). La media de estos tres datos, 24,33 l/100km es aproximadamente 4,9 veces más que la media del consumo total de los turismos diésel a lo largo del período considerado, por tanto el consumo se ha considerado como 4,9 veces más que en los turismos.

- La estimación de la distancia media anual recorrida también se obtiene considerando el 4,9 veces más el recorrido de los automóviles para el dato obtenido del INE en 2008. La distancia recorrida en el resto de años del período se ha obtenido de la misma manera que en los automóviles..

- **Furgonetas y camiones:**

- Para obtener el consumo medio de combustible anual se ha recurrido al documento "*Observatorio de Mercado de Transporte de Mercancías por Carretera*" [99]. En este caso se ha considerado la ficha técnica de diecinueve tipos distintos de vehículos de carga, de distintos tamaños y características, desde furgoneta hasta vehículos articulados de dos y tres ejes. Se ha obtenido de cada uno de ellos el dato de consumo medio anual, recogido en octubre de 2008 según el informe, y se ha considerado la media aritmética. El consumo obtenido se considerará constante a lo largo de la serie temporal.

- Para obtener la distancia media recorrida anual se ha procedido de forma similar, obteniendo la distancia recorrida de cada una de las diecinueve categorías consideradas y haciendo la media aritmética. Este dato se considera para 2008. Los datos de distancia para el resto de años se obtendrán empleando la misma correlación que en caso de turismos y autobuses.

- **Motocicletas y ciclomotores:**

En este caso no se ha encontrado ninguna referencia de consumos estimados y km medios recorridos, de manera que se considera que tanto las motocicletas como los ciclomotores recorren la mitad de km que los automóviles. De esta misma manera se calculan los consumos estimados de esta categoría de vehículos.

## 1.5 Escenarios considerados

Para el cálculo de la HC de carbono en España se van a considerar dos casos

- **Caso A (general):** Es el supuesto general, en el que ningún dato para el cálculo de la HC ha sido alterado, sino que todos permanecen tal y cómo se planteó su cálculo en el apartado anterior.
- **Caso B (consumo modificado):** Es el caso que sirve para ilustrar el impacto de las diferencias en el consumo comentadas en este TFG. A raíz del destape del escándalo de las emisiones de CO<sub>2</sub> y de su investigación posterior, Volkswagen reconoció que el consumo de sus vehículos excedía únicamente en un 0,1 o 0,2 l/100km más de lo establecido en las homologaciones. El caso B comprende el cálculo de la HC, esta vez únicamente en los turismos, teniendo en cuenta estos excedentes de consumo. Por tanto, se sumará al consumo medio en turismos considerado en el caso A para cada uno de los años, las cantidades según:
  - Caso B.1: +0,1 l/100km al consumo inicial considerado
  - Caso B.2: +0,2 l/100km al consumo inicial considerado

Para cada uno de los casos se han tenido en cuenta dos escenarios o situaciones, relacionadas con las características del combustible. Sabemos que el valor estándar de la densidad del combustible no es constante, y oscila entre 0,82 kg/l y 0,845 kg/l a 15°C. El factor de emisión es otra de las características del combustible que varía, siendo su valor mínimo de 73 tCO<sub>2</sub>/TJ y su valor máximo de 73,7 tCO<sub>2</sub>/TJ. Según las ecuaciones 1 y 3, la densidad y factor de emisión influyen proporcionalmente en el consumo anual de combustible y en las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> respectivamente. Para ilustrar la situación más ideal en cuanto a emisiones y la más adversa, se han considerado dos escenarios:

- **Escenario más desfavorable:** Considera los valores más elevados de densidad (0,845 kg/l) y de factor de emisión (73,7 tCO<sub>2</sub>/TJ).
- **Escenario más favorable:** Considera los valores menos elevados de densidad (0,82 kg/l) y de factor de emisión (73 tCO<sub>2</sub>/TJ)

# Capítulo 7: Resultados

## 1. Introducción

En este capítulo se presentarán y comentarán los resultados obtenidos de calcular la HC en el sector transporte para España, producida por los vehículos diésel en el período de tiempo 2008-2014. Por un lado, se recogen las tablas con los distintos datos usados para calcular la HC referentes a consumo de vehículos, distancia recorrida y características del combustible. Por otro lado, estos resultados se clasifican según el tipo de escenario considerado, para finalmente establecer una comparación entre ellos.

### 1.2. Cálculo de la HC de vehículos diésel en España

#### 2.1 Datos generales de partida

En primer lugar se presentan los datos referentes a las características del combustible, en este caso gasóleo al ser el estudio únicamente sobre vehículos diésel. Estos datos de combustible se emplearán para todas las categorías de vehículos. Tanto la densidad como el factor de emisión, oscilan entre un valor máximo y uno mínimo. En la tabla de datos se incluirán estos valores extremos.

Tabla 4: Propiedades del Gasóleo [29] [69].

Parámetro	Valor min.	Valor max.
Densidad a 15°C [kg/l]	0,82	0,83
Poder Calorífico Inferior (PCI) [GJ/t]	43,2	
Factor de Emisión FE [tCO <sub>2</sub> /TJ]	73	73,3

## 2.3 Datos para turismos

A continuación se presentan los datos medios de consumo y distancia recorrida anuales para los turismos a lo largo del periodo considerado. Para calcular el consumo, se ofrece año a año la lista de los diez coches más vendidos aportando marca y modelo, así como su valor medio, que es el que se empleará en los cálculos.

**Tabla 5: Consumos medios turismos más vendidos 2008.**

Modelo	Consumo [l/100km]		
	Supuesto inicial	Caso A	Caso B
<b>Ford Focus</b>	5,22	5,32	5,42
<b>Seat Ibiza</b>	4,41	4,51	4,61
<b>Peugeot 207</b>	5,28	5,38	5,48
<b>Peugeot 308</b>	5,55	5,65	5,75
<b>Volkswagen Golf</b>	5,11	5,21	5,31
<b>Seat León</b>	4,90	5,00	5,10
<b>Renault Megane</b>	4,55	4,65	4,75
<b>Citroën C4</b>	4,31	4,41	4,51
<b>Opel Astra</b>	5,20	5,30	5,40
<b>Opel Corsa</b>	4,65	4,75	4,85
<b>MEDIA</b>	4,92	5,02	5,12

**Tabla 6: Consumos medios turismos más vendidos 2009.**

Modelo	Consumo [l/100km]		
	Supuesto inicial	Caso A	Caso B
<b>Renault Megane</b>	4,55	4,65	4,75
<b>Citroen C4</b>	4,31	4,41	4,51
<b>Seat Ibiza</b>	4,41	4,51	4,61
<b>Peugeot 207</b>	5,28	5,38	5,48
<b>Ford Focus</b>	5,22	5,32	5,42
<b>Peugeot 308</b>	5,55	5,65	5,75
<b>Volkswagen Golf</b>	5,11	5,21	5,31
<b>Opel Astra</b>	5,20	5,30	5,40

<b>Nissan Qashqai</b>	6,85	6,95	7,05
<b>Seat Leon</b>	4,90	5,00	5,10
<b>MEDIA</b>	5,14	5,24	5,34

**Tabla 7: Consumos medios turismos más vendidos 2010.**

<b>Modelo</b>	<b>Consumo [l/100km]</b>		
	<b>Supuesto inicial</b>	<b>Caso A</b>	<b>Caso B</b>
<b>Seat Ibiza</b>	4,41	4,51	4,61
<b>Nissan Qashqai</b>	6,85	6,95	6,95
<b>Renault Megane</b>	4,55	4,65	4,65
<b>Peugeot 207</b>	5,28	5,38	5,38
<b>Volkswagen Golf</b>	5,11	5,21	5,21
<b>Seat León</b>	4,90	5,00	5,00
<b>Ford Fiesta</b>	4,50	4,60	4,60
<b>Opel Astra</b>	5,20	5,30	5,30
<b>Peugeot 308</b>	5,55	5,65	5,65
<b>Opel Corsa</b>	4,65	4,75	4,75
<b>MEDIA</b>	5,10	5,20	5,20

**Tabla 8: Consumos medios turismos más vendidos 2011.**

<b>Modelo</b>	<b>Consumo [l/100km]</b>		
	<b>Supuesto inicial</b>	<b>Caso A</b>	<b>Caso B</b>
<b>Renault Megane</b>	4,55	4,65	4,75
<b>Seat Ibiza</b>	4,41	4,51	4,61
<b>Citroën C4</b>	4,31	4,41	4,51
<b>Nissan Qashqai</b>	6,85	6,95	7,05
<b>Volkswagen Golf</b>	5,11	5,21	5,31
<b>Seat León</b>	4,90	5,00	5,10
<b>Volkswagen Polo</b>	4,45	4,55	4,65
<b>Ford Focus</b>	5,22	5,32	5,42
<b>Peugeot 207</b>	5,28	5,38	5,48
<b>Opel Corsa</b>	4,65	4,75	4,85



<b>MEDIA</b>	4,97	5,07	5,17
--------------	------	------	------

**Tabla 9: Consumos medios turismos más vendidos 2012.**

<b>Modelo</b>	<b>Consumo [l/100km]</b>		
	<b>Supuesto inicial</b>	<b>Caso A</b>	<b>Caso B</b>
<b>Renault Megane</b>	4,55	4,65	4,75
<b>Citroën C4</b>	4,31	4,41	4,51
<b>Seat Ibiza</b>	4,41	4,51	4,61
<b>Nissan Qashqai</b>	6,85	6,95	7,05
<b>Volkswagen Golf</b>	5,11	5,21	5,31
<b>Volkswagen Polo</b>	4,45	4,55	4,65
<b>Opel Corsa</b>	4,65	4,75	4,85
<b>Seat Leon</b>	4,90	5,00	5,10
<b>Citroën C3</b>	6,38	6,48	6,58
<b>Opel Astra</b>	5,20	5,30	5,40
<b>MEDIA</b>	5,08	5,18	5,28

**Tabla 10: Consumos medios turismos más vendidos 2013.**

<b>Modelo</b>	<b>Consumo [l/100km]</b>		
	<b>Supuesto inicial</b>	<b>Caso A</b>	<b>Caso B</b>
<b>Citroën C4</b>	4,31	4,41	4,51
<b>Renaul Megane</b>	4,55	4,65	4,75
<b>Seat Ibiza</b>	4,41	4,51	4,61
<b>Nissan Qashqai</b>	6,85	6,95	7,05
<b>Volkswagen Polo</b>	4,45	4,55	4,65
<b>Opel Corsa</b>	4,65	4,75	4,85
<b>Renault Clio</b>	5,15	5,25	5,35
<b>Volkswagen Golf</b>	5,11	5,21	5,31
<b>Seat León</b>	4,90	5,00	5,10
<b>Peugeot 308</b>	5,55	5,65	5,75
<b>MEDIA</b>	4,99	5,09	5,19

**Tabla 11: Consumos medios turismos más vendidos 2014.**

Modelo	Consumo [l/100km]		
	Supuesto inicial	Caso A	Caso B
<b>Renault Megane</b>	4,55	4,65	4,75
<b>Seat León</b>	4,90	5,00	5,10
<b>Seat Ibiza</b>	4,41	4,51	4,61
<b>Ford Focus</b>	5,22	5,32	5,42
<b>Citroén C4</b>	4,31	4,41	4,51
<b>Volkswagen Polo</b>	4,45	4,55	4,65
<b>Opel Corsa</b>	4,65	4,75	4,85
<b>Volkswagen Golf</b>	5,11	5,21	5,31
<b>Dacia Sandero</b>	4,59	4,69	4,79
<b>Renault Clio</b>	5,15	5,25	5,35
<b>MEDIA</b>	4,73	4,83	4,93

La tabla de los consumos empleados para obtener la HC en cada uno de los años queda así:

**Tabla 12: Consumos medios totales turismos.**

Años	Consumo gasoil [l/km]		
	Supuesto inicial	Caso A	Caso B
<b>2008</b>	0,049	0,050	0,051
<b>2009</b>	0,051	0,052	0,053
<b>2010</b>	0,051	0,052	0,053
<b>2011</b>	0,050	0,051	0,052
<b>2012</b>	0,051	0,052	0,053
<b>2013</b>	0,050	0,051	0,052
<b>2014</b>	0,047	0,048	0,049

A continuación se presenta la media de kilómetros recorridos anuales por turismos:

**Tabla 13: Media de kilómetros recorridos al año por los turismos.**

<b>Año</b>	<b>Distancia recorrida [km/año]</b>
<b>2008</b>	14.500,00
<b>2009</b>	13.897,52
<b>2010</b>	13.567,42
<b>2011</b>	12.986,87
<b>2012</b>	12.405,16
<b>2013</b>	11.853,46
<b>2014</b>	11.458,73

## 2.3 Datos para autobuses

A continuación se presentan los datos de medios anuales de distancia recorrida y consumo para autobuses.

**Tabla 14: Media de kilómetros recorridos al año por autobuses.**

<b>Año</b>	<b>Distancia recorrida [km/año]</b>
<b>2008</b>	71.050,00
<b>2009</b>	68.097,83
<b>2010</b>	66.480,36
<b>2011</b>	63.635,64
<b>2012</b>	60.785,27
<b>2013</b>	58.081,95
<b>2014</b>	56.147,77

**Tabla 12: Media de consumo medio anual en autobuses.**

<b>Año</b>	<b>Consumo [l/km]</b>
<b>2008</b>	0,2409
<b>2009</b>	0,2517
<b>2010</b>	0,2499

Año	Consumo [l/km]
2011	0,2436
2012	0,2489
2013	0,2446
2014	0,2319

## 2.4 Datos para camiones y furgonetas

Se procede de la misma manera para presentar los datos de partida de camiones y furgonetas

**Tabla 15: Media estimada de kilómetros recorridos al año por camiones y furgonetas.**

Año	Distancia recorrida [km/año]
2008	90.526,32
2009	86.764,89
2010	84.704,04
2011	81.079,53
2012	77.447,81
2013	74.003,44
2014	71.539,06

**Tabla 16: Media estimada de consumo de combustible de camiones y furgonetas.**

Tipo de vehículo	Consumo [l/km]
Camiones y furgonetas	0,3575

## 2.4 Datos para motocicletas y ciclomotores

Se presentan los datos de consumo y distancia recorrida

**Tabla 17: Media estimada de kilómetros recorridos al año por motocicletas y ciclomotores.**

Año	Distancia recorrida [km/año]
-----	------------------------------

Año	Distancia recorrida [km/año]
2008	7.250,00
2009	6.948,76
2010	6.783,71
2011	6.493,43
2012	6.202,58
2013	5.926,73
2014	5.729,36

Tabla 18: Media estimada de consumo en motocicletas y ciclomotores.

Año	Consumo [l/km]
2008	0,0246
2009	0,0257
2010	0,0255
2011	0,0249
2012	0,0254
2013	0,0250
2014	0,0237

## 2.5 Resultados para el cálculo de la HC

A continuación se presentan los resultados obtenidos de calcular la HC en España para los vehículos diésel, según la categoría de vehículo y el escenario o caso considerado. Para cada uno de los casos, se presentarán las dos situaciones consideradas anteriormente como "más favorable" y "menos favorable", que están relacionadas directamente con las características del combustible.

- **Caso A (sin modificar el consumo):** En este supuesto se han considerado los consumos en los vehículos tal y como se obtuvieron de las distintas fuentes, sin modificar. A continuación se presentan los resultados tanto para la situación favorable como para la desfavorable.

- Resultados para el Caso A de la situación más desfavorable:

**Tabla 19: Consumo anual de combustible [t/año] Caso A para situación más desfavorable.**

Año	Turismos	Autobuses	Camiones y Furgonetas	Motocicletas y ciclomotores	Total
<b>2008</b>	6.465.887,98	876.033,53	123.378.432,04	323,10	130.720.676,65
<b>2009</b>	6.643.866,89	883.522,82	117.500.065,38	330,72	125.027.785,82
<b>2010</b>	6.663.814,41	851.154,07	114.451.709,39	321,51	121.966.999,38
<b>2011</b>	6.380.399,51	790.095,08	108.985.260,78	301,03	116.156.056,40
<b>2012</b>	6.319.924,63	753.624,42	102.656.411,41	305,08	109.730.265,54
<b>2013</b>	5.995.233,26	692.255,17	96.516.482,32	292,02	103.204.262,76
<b>2014</b>	5.615.213,92	637.940,09	92.832.039,19	188,49	99.085.381,68

Se observa que el consumo total de combustible anual decrece a medida que avanzamos en la serie temporal. Todos los tipos de vehículos siguen esta tendencia salvo aumentos localizados, como el consumo de turismos en 2010, el consumo de autobuses en 2009 o el consumo de ciclomotores en 2009, todos con respecto al año anterior. Según la ecuación empleada para la obtención del consumo anual, el único dato que se mantiene invariante a lo largo de la serie temporal para el cálculo es la densidad del combustible. El resto de datos de los que depende el consumo (consumo medio de vehículos, distancia anual recorrida y número de vehículos matriculados) son constantes a lo largo del período considerado. Las diferencias entre los datos del período considerado pueden deberse a numerosos factores. Por un lado, la crisis económica incide en el uso de vehículos, tanto particulares como de uso comercial, pudiendo reducir la distancia total recorrida. Por otro lado, el consumo empleado en la ecuación se ha obtenido teniendo en cuenta todos los modelos de los turismos más vendidos en cada uno de los años del período considerado, modelos que en mayor o menor medida varían de un año a otro, dando lugar a cambios en el consumo. Finalmente, vemos que el consumo está ligado proporcionalmente al parque de vehículos proporcionado por la DGT. Aunque el parque de vehículos diésel haya aumentado desde 2008 (15.906.979) a 2014 (17.216.278) en un 8,2%, el resto de factores ha supuesto que este hecho no se traduzca en un aumento del consumo. Sin embargo, se observa que los resultados referentes a motocicletas y ciclomotores son sensiblemente

menores al resto de las categorías. Esto es porque el número de motocicletas diésel registradas por el parque es mucho menor en comparación al resto de categorías.

**Tabla 20: Consumo anual de energía [TJ/año] Caso A para situación más desfavorable.**

Año	Turismos	Autobuses	Camiones y Furgonetas	Motocicletas y ciclomotores	Total
<b>2008</b>	274.153,65	37.143,82	5.231.245,52	13,70	5.542.556,69
<b>2009</b>	281.699,96	37.461,37	4.982.002,77	14,02	5.301.178,12
<b>2010</b>	282.545,73	36.088,93	4.852.752,48	13,63	5.171.400,77
<b>2011</b>	270.528,94	33.500,03	4.620.975,06	12,76	4.925.016,79
<b>2012</b>	267.964,80	31.953,68	4.352.631,84	12,94	4.652.563,26
<b>2013</b>	254.197,89	29.351,62	4.092.298,85	12,38	4.375.860,74
<b>2014</b>	238.085,07	27.048,66	3.936.078,46	7,99	4.201.220,18

Según la ecuación para el cálculo de energía anual, su resultado está relacionado con los valores de consumo anual (obtenidos para este caso de la tabla anterior) y con el dato del poder calorífico del gasóleo. El PCI se mantiene constante a lo largo de la serie temporal, con lo que los resultados de energía variarán de la misma manera que los datos de consumo anual de combustible, siendo el PCI la constante de proporcionalidad.

**Tabla 21: Consumo de CO2 [ktCO2/año] para Caso A situación más desfavorable.**

Año	Turismos	Autobuses	Camiones y Furgonetas	Motocicletas y ciclomotores	Total
<b>2008</b>	20.205,12	2.737,50	385.542,79	1,01	408.486,43
<b>2009</b>	20.761,29	2.760,90	367.173,60	1,03	390.696,83
<b>2010</b>	20.823,62	2.659,75	357.647,86	1,00	381.132,24
<b>2011</b>	19.937,98	2.468,95	340.565,86	0,94	362.973,74
<b>2012</b>	19.749,01	2.354,99	320.788,97	0,95	342.893,91
<b>2013</b>	18.734,38	2.163,21	301.602,43	0,91	322.500,94
<b>2014</b>	17.546,87	1.993,49	290.088,98	0,59	309.629,93

En este caso se razonará de forma similar a la empleada en los resultados de consumo de energía anual. La ecuación para la obtención del consumo anual total de CO2 se sirve de los datos de consumo de energía total anual y los multiplica por el factor de emisión del combustible, siendo este la constante de proporcionalidad a lo largo de toda la serie

temporal. Por tanto, el consumo de CO2 seguirá la misma tendencia que los dos casos anteriores. Este razonamiento se empleará de forma idéntica en el Caso A más favorable, ya que los únicos valores que se modifican son la densidad y el factor de emisión del combustible. Entre los casos A más favorable y menos favorable se verá un salto cuantitativo en los valores finales, para observar lo que supone usar un combustible con distintas características, pero no se apreciarán causas externas en el origen de los resultados.

- Resultados para el Caso A de la situación más favorable:

**Tabla 22: Consumo anual de combustible [t/año] Caso A para situación más favorable.**

Año	Turismos	Autobuses	Camiones y Furgonetas	Motocicletas y ciclomotores	Total
<b>2008</b>	6.311.938,27	523.576,89	120.440.850,33	315,40	127.276.680,89
<b>2009</b>	6.485.679,58	528.053,00	114.702.444,78	322,85	121.716.500,21
<b>2010</b>	6.505.152,16	508.707,24	111.726.668,69	313,86	118.740.841,95
<b>2011</b>	6.228.485,23	472.214,26	106.390.373,62	293,87	113.091.366,98
<b>2012</b>	6.169.450,24	450.416,93	100.212.211,14	297,81	106.832.376,11
<b>2013</b>	5.852.489,61	413.738,51	94.218.470,84	285,06	100.484.984,02
<b>2014</b>	5.481.518,35	381.276,14	90.621.752,54	184,00	96.484.731,04

**Tabla 23: Consumo anual de energía [TJ/año] Caso A para situación más favorable.**

Año	Turismos	Autobuses	Camiones y Furgonetas	Motocicletas y ciclomotores	Total
<b>2008</b>	267.626,18	22.199,66	5.106.692,05	13,37	5.396.531,27
<b>2009</b>	274.992,81	22.389,45	4.863.383,66	13,69	5.160.779,61
<b>2010</b>	275.818,45	21.569,19	4.737.210,75	13,31	5.034.611,70
<b>2011</b>	264.087,77	20.021,88	4.510.951,84	12,46	4.795.073,96
<b>2012</b>	261.584,69	19.097,68	4.248.997,75	12,63	4.529.692,75
<b>2013</b>	248.145,56	17.542,51	3.994.863,16	12,09	4.260.563,32
<b>2014</b>	232.416,38	16.166,11	3.842.362,31	7,80	4.090.952,60

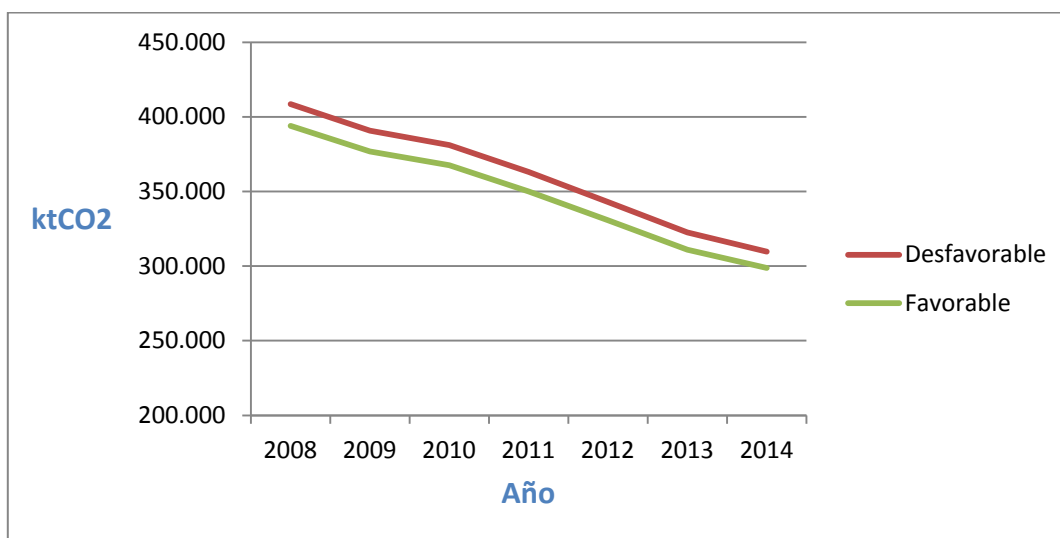


**Tabla 24: Consumo de CO2 [ktCO2/año] para Caso A situación más favorable.**

Año	Turismos	Autobuses	Camiones y Furgonetas	Motocicletas y ciclomotores	Total
2008	19.536,71	1.620,58	372.788,52	0,98	393.946,78
2009	20.074,48	1.634,43	355.027,01	1,00	376.736,91
2010	20.134,75	1.574,55	345.816,38	0,97	367.526,65
2011	19.278,41	1.461,60	329.299,48	0,91	350.040,40
2012	19.095,68	1.394,13	310.176,84	0,92	330.667,57
2013	18.114,63	1.280,60	291.625,01	0,88	311.021,12
2014	16.966,40	1.180,13	280.492,45	0,57	298.639,54

En este apartado se muestra un gráfico comparando los resultados de las situaciones más favorable y desfavorable en cuanto a emisiones de CO2 a lo largo del periodo 2008-2014. Se observa una sensible diferencia entre ambos escenarios, siendo la diferencia porcentual media entre ambos casos de un 3,69%. Esto demuestra que, aunque sabemos que los carburantes de mayor densidad y factor de emisión tienen más rendimiento, tener en cuenta las propiedades del combustible es también un factor de peso en la lucha contra el cambio climático y preservación del medio ambiente.

**Ilustración 27: Comparativa de emisiones de CO2 en Caso A entre los escenarios más favorable y menos favorable teniendo en cuenta las propiedades del combustible.**



- **Caso B (se tienen en cuenta alteraciones en el consumo de los vehículos):** Este supuesto se ha realizado para demostrar de forma ilustrativa cómo afecta un engaño o una inexactitud en la declaración de consumo a las emisiones de CO<sub>2</sub> y por tanto al medioambiente. Como el escándalo en que se centra este TFG hace referencia únicamente a turismos, en ese apartado se ofrecerán los resultados de este tipo de vehículos, entendiéndose que las demás categorías no se ven afectadas. Para este supuesto, se han considerado dos subescenarios. Se realizará la HC suponiendo que todos los turismos diésel del parque de vehículos en España han visto incrementado su consumo en 0,1 y 0,2 l/100 km. Trabajamos con esta información porque son los últimos datos con que contamos desde el destape del problema de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Como en el apartado anterior, se estudiarán los casos más desfavorable y favorable.

- Resultados para turismos en Caso B (modificación de consumo) en caso más desfavorable:

Siguiendo el razonamiento empleado en el caso A, se comentarán únicamente los resultados referentes a emisiones anuales de CO<sub>2</sub>, ya que existe una relación de proporcionalidad directa entre estos y el consumo de combustible y energía anuales.

**Tabla 25: Resultados de consumo anual de combustible [t/año] para el Caso B más desfavorable.**

Año	Consumo anual de combustible [t/año]		
	Caso A	Caso B.1 (+0,1 l/100km)	Caso B.2 (+0,2 l/100km)
<b>2008</b>	6.465.887,98	6.636.661,06	6.768.946,71
<b>2009</b>	6.643.866,89	6.813.519,26	6.943.624,80
<b>2010</b>	6.663.814,41	6.834.941,24	6.966.402,51
<b>2011</b>	6.380.399,51	6.547.466,88	6.676.555,69
<b>2012</b>	6.319.924,63	6.482.677,11	6.607.810,99
<b>2013</b>	5.995.233,26	6.151.730,24	6.272.541,32
<b>2014</b>	5.615.213,92	5.767.984,82	5.887.331,84

**Tabla 26: Resultados de consumo anual de energía [TJ/año] para el Caso B más desfavorable.**

Año	Consumo anual de energía [TJ/año]		
	Caso A	Caso B.1 (+0,1 l/100km)	Caso B.2 (+0,2 l/100km)
<b>2008</b>	274.153,65	281.394,43	287.003,34
<b>2009</b>	281.699,96	288.893,22	294.409,69
<b>2010</b>	282.545,73	289.801,51	295.375,47
<b>2011</b>	270.528,94	277.612,60	283.085,96
<b>2012</b>	267.964,80	274.865,51	280.171,19
<b>2013</b>	254.197,89	260.833,36	265.955,75
<b>2014</b>	238.085,07	244.562,56	249.622,87

**Tabla 27: Resultados de consumo anual de CO2 [ktCO2/año] para el Caso B más desfavorable.**

Año	Consumo anual de CO2 [ktCO2/año]		
	Caso A	Caso B.1 (+0,1 l/100km)	Caso B.2 (+0,2 l/100km)
<b>2008</b>	20.205,12	20.738,77	21.152,15
<b>2009</b>	20.761,29	21.291,43	21.697,99
<b>2010</b>	20.823,62	21.358,37	21.769,17
<b>2011</b>	19.937,98	20.460,05	20.863,44
<b>2012</b>	19.749,01	20.257,59	20.648,62
<b>2013</b>	18.734,38	19.223,42	19.600,94
<b>2014</b>	17.546,87	18.024,26	18.397,21

En este cuadro se presentan las diferencias de consumo anuales de CO2 en el período de estudio para los distintos casos considerados. El objetivo de esta tabla es cuantificar en términos de toneladas de CO2 el impacto medioambiental si todos los turismos excediésemos sus datos de consumo oficiales en las cifras que dio Volkswagen a raíz del destape de su segundo engaño con las emisiones de CO2. Estos resultados hacen referencia únicamente a los turismos, porque es el tipo de vehículo que protagonizó el escándalo. Con esta tabla se arroja información más veraz e intuitiva sobre lo que puede suponer un aumento en el

consumo de un vehículo y se ayuda a comprender hasta qué punto afecta un engaño así a la comunidad.

En términos absolutos de ktCO<sub>2</sub>, las diferencias declaradas por Volkswagen aplicadas a todo el parque de vehículos diésel hubiera supuesto un aumento neto en las emisiones de CO<sub>2</sub>. La siguiente tabla recoge los valores absolutos de CO<sub>2</sub> emitido de más en cada uno de los casos

**Tabla 28: Diferencia de CO<sub>2</sub> emitido al variar el consumo en turismos [kt/CO<sub>2</sub>].**

Año	Diferencia en CO <sub>2</sub> emitido [ktCO <sub>2</sub> /año]	
	Caso B.1 (+0,1 l/100km)	Caso B.2 (+0,2 l/100km)
<b>2008</b>	533,65	947,03
<b>2009</b>	530,14	936,70
<b>2010</b>	534,75	945,55
<b>2011</b>	522,07	925,46
<b>2012</b>	508,58	899,61
<b>2013</b>	489,04	866,56
<b>2014</b>	477,39	850,34
<b>TOTAL</b>	3.595,62	6.371,25

Como se ve, el aumento en la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera es bastante significativa. La lucha contra el cambio climático y por la protección del medio ambiente pasa porque todos los países que participan en ella cuenten con datos fiables sobre sus emisiones de GEI. Exceder el consumo en un 0,1 ó un 0,2 l/100km, cifra que dicha de forma aislada puede no parecer relevante, supondría para el período de estudio un aumento neto de 3.595,62 y 6.371,25 ktCO<sub>2</sub> respectivamente. Suponiendo que en todos los turismos hubiera este desajuste en la declaración de emisiones, el aumento en la cantidad de CO<sub>2</sub> excedería en cada uno de los casos B en un 2,61% y un 4,62% respectivamente al caso A.

- Resultados para turismos en Caso B (modificación de consumo) en caso más favorable:

**Tabla 29: Resultados de consumo anual de combustible [t/año] para el Caso B más favorable.**

Año	Consumo anual de combustible [t/año]		
	Caso A	Caso B.1 (+0,1 l/100km)	Caso B.2 (+0,2 l/100km)
<b>2008</b>	6.311.938,27	6.440.310,14	6.568.682,01
<b>2009</b>	6.485.679,58	6.611.935,85	6.738.192,12
<b>2010</b>	6.505.152,16	6.632.724,05	6.760.295,93
<b>2011</b>	6.228.485,23	6.353.754,84	6.479.024,45
<b>2012</b>	6.169.450,24	6.290.881,93	6.412.313,62
<b>2013</b>	5.852.489,61	5.969.726,39	6.086.963,17
<b>2014</b>	5.481.518,35	5.597.334,39	5.713.150,42

**Tabla 30: Resultados de consumo anual de energía [TJ/año] para el Caso B más favorable.**

Año	Consumo anual de energía [TJ/año]		
	Caso A	Caso B.1 (+0,1 l/100km)	Caso B.2 (+0,2 l/100km)
<b>2008</b>	267.626,18	273.069,15	278.512,12
<b>2009</b>	274.992,81	280.346,08	285.699,35
<b>2010</b>	275.818,45	281.227,50	286.636,55
<b>2011</b>	264.087,77	269.399,21	274.710,64
<b>2012</b>	261.584,69	266.733,39	271.882,10
<b>2013</b>	248.145,56	253.116,40	258.087,24
<b>2014</b>	232.416,38	237.326,98	242.237,58

**Tabla 31: Resultados de consumo anual de CO2 [ktCO2/año] para el Caso B más favorable.**

Año	Consumo anual de combustible [ktCO2/año]		
	Caso A	Caso B.1 (+0,1 l/100km)	Caso B.2 (+0,2 l/100km)
<b>2008</b>	19.536,71	19.934,05	20.331,38
<b>2009</b>	20.074,48	20.465,26	20.856,05
<b>2010</b>	20.134,75	20.529,61	20.924,47
<b>2011</b>	19.278,41	19.666,14	20.053,88
<b>2012</b>	19.095,68	19.471,54	19.847,39
<b>2013</b>	18.114,63	18.477,50	18.840,37

Año	Consumo anual de combustible [ktCO2/año]		
	Caso A	Caso B.1 (+0,1 l/100km)	Caso B.2 (+0,2 l/100km)
<b>2014</b>	16.966,40	17.324,87	17.683,34

# **Capítulo 8: Alternativas para la reducción de emisiones contaminantes debidas al sector transporte**

## 1. Introducción

En este capítulo se expondrán varias alternativas para contribuir a la mitigación de emisiones contaminantes originadas por el sector transporte. Se tratarán una serie de medidas de carácter general, aplicables no solo a España, sino a cualquier región industrializada.

## 2. Conducción eficiente

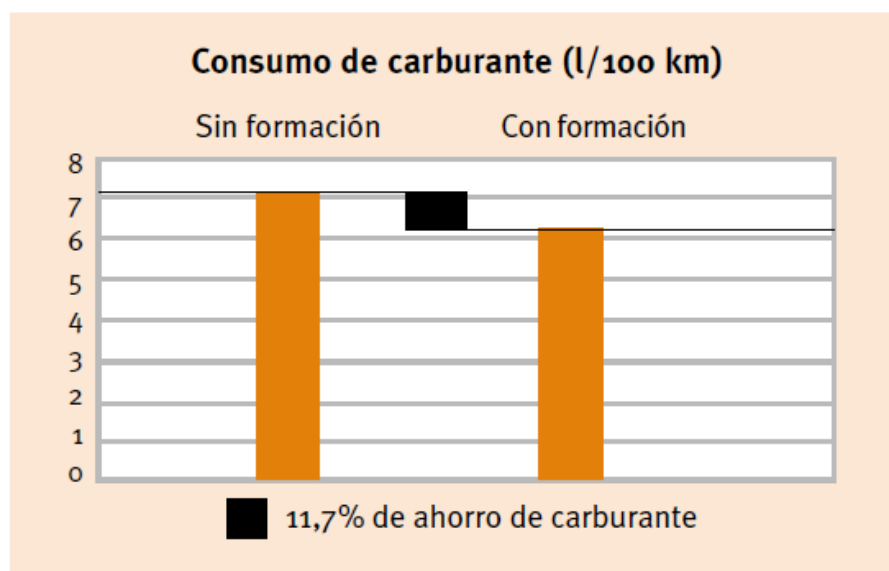
La conducción eficiente es una serie de nuevos hábitos de conducción de vehículos que tiene como objetivo lograr un menor consumo de carburante y con ello, una disminución de las emisiones nocivas derivadas de su uso. A su vez se obtiene un mayor confort en la conducción y una reducción de los riesgos habituales en carretera [59].

Como ya se ha visto en el cálculo de la HC, el consumo del vehículo está directamente ligado a las emisiones de CO<sub>2</sub>. Según el Manual de la Conducción Eficiente para Conductores del Parque Móvil del Estado, que un conductor este formado o no en conducción eficiente puede suponer un ahorro significativo de combustible [60].

A continuación se muestra un ejemplo en el ahorro de consumo de combustible a los 100km de un turismo determinado



Ilustración 28: Ejemplo de ahorro de combustible en un turismo debido a la conducción eficiente [60].

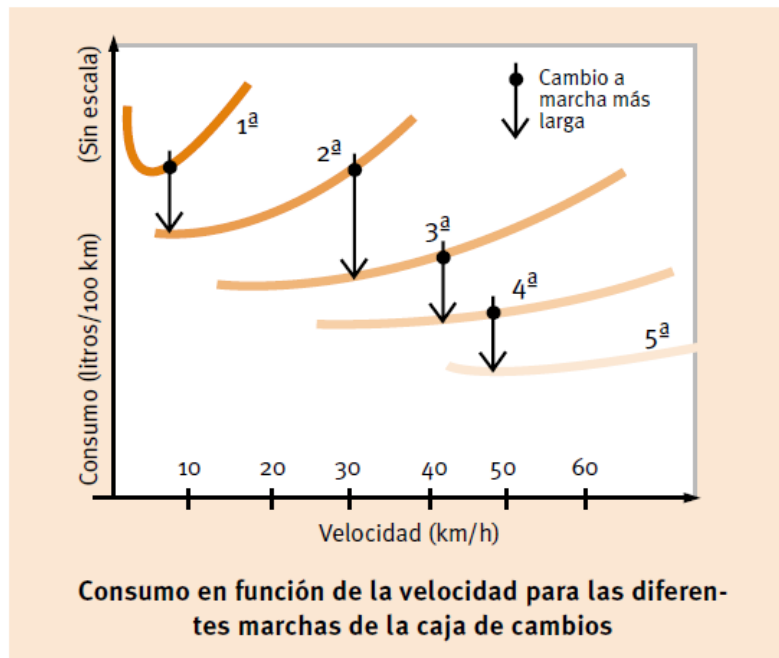


A continuación resumiremos algunas de las pautas principales a seguir para efectuar una conducción eficiente.

- **Uso de la 1ª relación de marchas:** En el inicio de la marcha, hay que utilizar la primera relación de marchas únicamente para poner en marcha el vehículo. Se aconseja cambiar de marcha a los dos segundos del comienzo del movimiento o después de recorrer los seis primeros metros.
- **Apague del motor durante las paradas:** El consumo de un motor moderno durante el ralentí es de 0,5 a 0,7 litros por hora [61]. Por ello, para contribuir al ahorro de combustible y mitigación de emisiones nocivas de escape, se recomienda apagar el motor en las paradas cortas como pasos a nivel, semáforos o cuando se está esperando a alguien.
- **Circular en la marcha más larga posible y a bajas revoluciones:** El caudal de combustible, es decir, la cantidad de combustible por unidad de tiempo que entra en el motor está directamente relacionado con la potencia demandada por el mismo. Para entregar una misma potencia y rodar a una determinada velocidad, existen diversas combinaciones de la caja de cambios [60]. Por esto, el conductor eficiente debe circular siempre que pueda con la relación de marcha más larga posible y al

mínimo número de revoluciones, ya que elevar innecesariamente el número de revoluciones del motor aumentará la potencia demandada y por tanto el consumo. A continuación se muestra un gráfico que ejemplifica la variación del consumo de un turismo según la relación de marcha que se esté empleando.

**Ilustración 29: Variación en el consumo instantáneo de un turismo en relación a la marcha empleada en la conducción [60].**



Como se puede observar, para una velocidad puntual de 55 km/h, la diferencia de consumo es significativa si comparamos los usos de tercera, cuarta y quinta marcha.

Las indicaciones sobre el número de revoluciones recomendado para el cambio son orientativas, y varían según el tipo de motor, el tráfico, las características de la vía etc [61]. El rango de cambio de revoluciones recomendado para los turismos es:

**Tabla 32: Régimenes de revoluciones para el cambio de marcha en turismos [61].**

Tipo de vehículo	Rango de cambio (rpm)
<b>Vehículos de Gasolina</b>	Entre 2.000 y 2.500
<b>Vehículos Diésel</b>	Entre 1.500 y 2.000

- **Empleo del freno motor:** Cuando se tenga que decelerar, se utilizará siempre que sea posible el "freno motor". Emplear el freno motor consiste en dejar al vehículo rodar por su propia inercia con una marcha engranada y sin pisar el acelerador . De esta manera las ruedas pasan de funcionar admitiendo el par suministrado por el motor a transmitir al motor las fuerzas de rozamiento decelerativas que surgen del contacto con el asfalto. Cuando con una marcha engranada no se pisa el acelerador y el vehículo circula a mas de 20 km/h, el consumo de combustible es nulo [60]. Por otro lado, utilizar el freno de motor reduce el desgaste mecánico de los componentes del vehículo que participan en el proceso de frenado habitual.
  
- **Moderación de la velocidad:** Si bien es cierto que el consumo aumenta al aumentar la velocidad del vehículo, en muchos casos se desconoce que este la relación en este aumento no es lineal, sino cuadrática [61]. En muchos casos, un aumento de la velocidad implica un aumento mucho mayor del consumo, por tanto se recomienda circular siempre a velocidades moderadas.
  
- **Uso correcto de los accesorios del vehículo:** Por último, se resumirán una serie de claves para la optimización energética en cuanto al uso de algunos accesorios del vehículo:
  - a) **Ventanillas:** Al circular con las ventanillas bajadas se modifica el coeficiente aerodinámico del vehículo, creando una mayor oposición al movimiento y aumentando el consumo [60]. Para ventilar el vehículo se recomienda el uso del sistema de aireación que incorpore.
  - b) **Carga del vehículo:** Se recomienda mantener el peso adicional en el vehículo bajo mínimos, ya que la carga tiene un efecto considerable sobre el consumo. Una carga extra de 100 kg en un vehículo de gama media de 1.500 kg supone un consumo extra de un 7%.
  - c) **Aerodinámica:** Al igual que circular con ventanillas bajadas, la incorporación de carga fuera del habitáculo del vehículo empeora la aerodinámica del vehículo, dando lugar a un mayor consumo.

**d) Aire acondicionado:** Se recomienda un uso moderado de los aparatos de climatización del vehículo, manteniendo siempre que sea posible una temperatura interior en torno a los 24°C. En situaciones de temperaturas muy elevadas, se ha calculado que el consumo de carburante puede elevarse por el uso del aire acondicionado hasta en un 20%. En general, el encendido del aire acondicionado supone un incremento el consumo medio de combustible de un 10% [61].

### 3. Uso de combustibles alternativos

A parte de los combustibles habituales, como son la gasolina y el gasóleo, existen otras fuentes de energía para los vehículos cuyo coste económico e impacto en el medio ambiente es menor. A continuación se presentan algunas alternativas energéticas para el impulso de vehículos en el sector transporte.

- **Gases licuados del petróleo (GLP):** El gas licuado es una fuente de energía eficiente y sostenible. Tiene un poder calorífico mucho más alto que los combustibles tradicionales, es decir, que para una misma cantidad de combustible obtendríamos mucha mayor energía si lo comparásemos con la gasolina o el gasóleo, pudiendo representar hasta cinco veces más eficacia que los combustibles tradicionales. Los GLP generan un 36% menos de emisiones de CO<sub>2</sub> que el carbón, un 15% menos que la gasolina y un 10% menos que el diésel [100].

Entre los GLP se destaca:

- a) **Autogás:** Es el carburante usado para vehículos a motor, ya sean turismos, furgonetas o autobuses. Es el carburante alternativo más usado en el mundo, con 25 millones de vehículos usando esta fuente de energía [100]. En nuestro país hay unos 50.000 vehículos de autogás, pero muchos vehículos de gasolina pueden ser adaptados a esta tecnología. El proceso de adaptación consiste en añadir a un motor de gasolina un kit compuesto de depósito, líneas de gas, vaporizadores e inyectoras. No ocupa espacio porque la ubicación de este equipamiento suele ser el espacio de la rueda de repuesto,

con lo que la morfología exterior del vehículo se vería inalterada. Actualmente es Repsol el distribuidor de esta tecnología, con más de 350 estaciones para ello [100]. Recientemente, la Comunidad de Madrid ha impulsado un plan de incentivos económicos a aquellos vehículos que se adapten al biogás, cubriendo parte del coste del cambio y dando una compensación monetaria al propietario del vehículo [64].

Existen otros GLP como el butano o el propano, pero no se comentarán en detalle ya que su uso está más relacionado con aplicaciones industriales en hornos, secadores, siderurgia o como fuentes de calor en hogares particulares.

- **Gas natural vehicular (GNV):** El gas natural vehicular es un combustible alternativo aplicable en todo el ámbito de la movilidad. Puede actuar como sustituto de la gasolina en motores de combustión interna de encendido por chispa [101]. Excepto por las motocicletas y ciclomotores, incluye todas las subcategorías vistas en el cálculo de la HC, además de poder aplicar su uso a ferrocarriles, barcos y aviones. El término GNV hace referencia tanto al Gas Natural Comprimido como al Gas Natural Líquido. Los vehículos impulsados a gas natural emiten hasta un 20% más de CO<sub>2</sub> que los vehículos de gasolina, y entre un 5 y un 10% menos que los vehículos diésel. Como ocurre con otros combustibles alternativos, los vehículos impulsados a gas natural son generalmente muy limpios. Sus emisiones de material particulado son casi nulas, suponiendo un gran avance en materia de salud respecto a los motores de combustibles convencionales, sobre todo respecto de los diésel. En cuanto a emisiones de CO<sub>2</sub>, un vehículo impulsado por gas natural emite en torno a un 25% menos que la gasolina y entre un 10 y un 15% que el gasóleo por unidad de masa consumida [102] .

## **4. Renovación de la edad del parque de vehículos**

Los fabricantes del sector de la automoción suelen mejorar las prestaciones de sus vehículos cuando producen nuevos modelos, y entre estas prestaciones está el consumo. Los vehículos antiguos de forma general son notablemente más contaminantes comparados a los más recientes. Según ANFAC, los vehículos más antiguos son los responsables de hasta un 80% de las emisiones contaminantes del sector, además de suponer mayor riesgo para la seguridad al ser susceptibles de duplicar las probabilidades de accidente frente a los nuevos [103]. En España, la edad media de los vehículos que circulan por sus carreteras alcanzó en 2013 los 11,5 años, ya que el 53% de los vehículos del parque tiene más de 11 años [104].

La renovación del parque de vehículos nacional contribuiría a la mitigación de las emisiones tanto de CO<sub>2</sub>, perjudiciales para el medio ambiente, como de material particulado, perjudiciales para la salud del ciudadano. Para esto, es responsabilidad del Gobierno tomar las medidas pertinentes. Además de planes de incentivos ya instaurados a los vehículos menos contaminantes como el plan PIVE, o el plan PIMA, se proponen medidas como endurecimientos en los impuestos de circulación a los vehículos superiores a diez años y planes de ayuda al ciudadano para cambiar su vehículo antiguo por uno menos contaminante.

## **5. Empleo de instrumentos de medición**

Para que la lucha contra el cambio climático a través de la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero sea efectiva, es de vital importancia que cada país implicado cuente con las mejores fuentes de información sobre el origen de estas emisiones. Estas fuentes han de ser lo más precisas posibles y han de actualizarse continuamente. Solo de esta manera, se conocerán con actitud los niveles exactos de emisiones de contaminantes en un país, lo que permitirá acotar de manera más eficiente y concreta las medidas para alcanzar los objetivos de emisiones que estén planteados en el momento.

Este trabajo se ha centrado en las emisiones debidas al sector transporte, por ello se propondrán algunas medidas destinadas a mejorar la información en aspectos que están relacionados directamente con la emisión de agentes contaminantes a la atmósfera.

- **Lecturas de odómetro:** Como se comentó en un capítulo anterior, en algunos países de la Unión Europea, los vehículos llevan incorporado un odómetro, o un aparato que mide la distancia que recorren. Esta distancia se registra en las revisiones periódicas obligatorias que tiene que pasar todo vehículo. Así, el Gobierno puede determinar de una manera precisa la distancia recorrida por su parque de vehículos. Se propone que esta medida sea instaurada en España, acompañando el registro de esta información con la creación de una base de datos en la que no solo figure la distancia total recorrida, sino que esté clasificada cronológicamente y por tipo de vehículo. Esta información permitiría cálculos más precisos de la huella de carbono en el sector transporte, al estar el consumo de carburante directamente relacionado con la distancia recorrida.
- **Reportes del consumo del vehículo:** Se ha visto también que el consumo de un vehículo no es una cantidad fija. Depende de numerosos factores, como la edad del vehículo, presión de ruedas, carga adicional, carga aerodinámica, hábitos de conducción, tipo de vía, etc. Por tanto, contar con las cifras de consumo de vehículos otorgadas por el fabricante se antoja insuficiente para determinar los niveles de emisiones del sector transporte con la exactitud que merece. Por ello, a la base de datos mencionada anteriormente propongo que se añada un seguimiento sobre consumos en vehículos. Este seguimiento se haría desde el ordenador central del vehículo, que registraría periódica y cronológicamente el consumo medio de combustible que ha efectuado el vehículo. Este dato tendría en cuenta el efecto de todos esos elementos que influyen en el consumo. Esta información podría ser enviada por los vehículos vía OTA (Over The Air en sus siglas en inglés, se refiere a comunicación por ondas a través del aire) y ser recogida de forma anónima por el organismo del Gobierno encargado de su gestión.

- **Empleo del Sistema de Medición Portable de Emisiones (PEMS):** Uno de los puntos donde más información se pierde a la hora de medir las emisiones contaminantes de un vehículo es el banco de pruebas. El Sistema de Medición Portable de Emisiones es un dispositivo que puede incorporarse al vehículo durante su marcha para realizar un test de emisiones en condiciones reales de conducción. Este aparato es más barato que un banco de pruebas de laboratorio y su mantenimiento es más sencillo, aunque por otro lado el rango de contaminantes es menor, y su masa (entre 30 y 150 kg) añade una carga extra al vehículo que puede interferir con los datos obtenidos de consumo. A pesar de esto, se ha llegado a encontrar que los niveles de CO<sub>2</sub> medidos con PEMS pueden superar hasta en un 21% de media a los resultados obtenidos en el laboratorio, según el tipo de vehículo y las condiciones de conducción. Por esto proponemos un sistema obligatorio de medición mixto para todos los vehículos, combinando las pruebas en el banco de rodillos con la utilización de PEMS.



# Capítulo 9: Conclusiones

A lo largo de este trabajo se ha analizado en detalle uno de los engaños automovilísticos más trascendentes en la última década por parte de uno de los fabricantes más grandes del mundo del automóvil. Se ha calculado la huella de carbono del sector transporte por carretera en España, uno de los sectores que más contribuye a la contaminación atmosférica y a agravar el cada vez más temido efecto invernadero, y se han contextualizado distintos escenarios, con el fin de analizar y sobre todo divulgar, el impacto medioambiental de episodios como el descrito.

Paralelamente, se ha informado sobre materias que afectan a toda la población, como la propia problemática del efecto invernadero, su marco regulador y pequeñas pinceladas introductorias al mundo del automóvil.

Tras la realización de este estudio, las conclusiones alcanzadas son las siguientes:

- 1) Parte de la información medioambiental con la que cuentan población y Gobierno está supeditada a las grandes empresas del sector de la automoción. Que el sector transporte tiene una influencia de peso en el impacto sobre el medio ambiente es un hecho ya respaldado por numerosas autoridades. Una vez vistos los elevados volúmenes de ventas de uno de los líderes en el sector, se concluye que la consistencia de datos en materia medioambiental, como puede ser un dato tan relevante como emisiones de CO<sub>2</sub>, depende en muy alta medida del grado de transparencia y sinceridad de estas empresas. Queda de manifiesto la necesidad de una batería de medidas de control más exhaustivo hacia todo el

sector, que garanticen la veracidad absoluta de la información de que disponga el país.

- 2) En uno de sus últimos comunicados, Volkswagen cifró sus excedentes de consumo por turismo en entre un 0,1 y un 0,2 l/100km. Mediante el método de la huella de carbono se han traducido estas cifras a cantidades netas de CO<sub>2</sub> en toneladas, en un supuesto en que todos los vehículos diésel presentasen esa irregularidad en el consumo. En el escenario más desfavorable considerado, durante el período 2008-2015 se habrían llegado a verter hasta 6.371,25 ktCO<sub>2</sub> más a la atmósfera. El marco regulador en la lucha contra el cambio climático fija unos objetivos a medio y largo plazo, y si no se disponen de datos de partida fiables, la efectividad de las medidas que se propongan puede verse seriamente comprometida.
- 3) Se ha mostrado la alta sensibilidad de un aumento del consumo unitario de un vehículo, en una cifra aparentemente pequeña, aplicado al parque de turismos de motores diésel. Por otro lado, con el cálculo efectuado de huella de carbono, vemos que hay otros factores vitales en la determinación de las emisiones debidas al sector transporte, tales como situación económica y grado de actividad en las matriculaciones, distancia recorrida por los usuarios, también influenciada en parte por una crisis económica o las propias características técnicas de los combustibles empleados.
- 4) A pesar de la sucesión de episodios y comunicados con respecto al escándalo de la firma alemana, aún no se ha cuantificado con seguridad el alcance del problema, pudiendo ser este mucho mayor. No se conocen los datos exactos de excedentes de consumo por vehículo ni el número de vehículos afectados en nuestro país. Por tanto, queda la puerta abierta a futuros proyectos de fin de carrera en que se analice, una vez conocidos todos los datos, el impacto medioambiental real que podría llegar a tener un escándalo como el acontecido.

- 5) Se ha puesto de manifiesto la cantidad de brechas en el sistema actual de control de emisiones de vehículos en laboratorio, eventos que sin duda los fabricantes aprovechan en beneficio propio. Por otro lado, estas pruebas no aciertan a reproducir la cantidad de eventos que pueden darse en una situación de conducción real. Para seguir avanzando en buena dirección en la reducción de GEI por parte del sector transporte, es de vital importancia diseñar e implantar nuevos protocolos de pruebas de emisiones, que garanticen un mayor esfuerzo por parte de los fabricantes en reducir el consumo en sus vehículos.
- 6) En la línea de la necesidad de datos fiables en la lucha contra el cambio climático, España tiene ciertas carencias. La dificultad para encontrar datos consistentes y actualizados, en ámbitos como la distancia recorrida por los ciudadanos con sus vehículos hace que cálculos como el de la huella de carbono no sean todo lo precisos que podrían llegar a ser. Por tanto, medidas en avances en instrumentación de medición contribuirían a mejorar los niveles de emisiones en España debidas al sector transporte.
- 7) Al comparar los resultados obtenidos en las distintas categorías, se ve que la categoría "autobuses y camiones" es la que más aporta al vertido de emisiones contaminantes. Como ya se ha comentado, existen distintos factores que influyen en el cálculo de la huella de carbono. El sector transporte asociado al comercio efectúa claramente más kilómetros anuales que el resto de los sectores, y los consumos de sus vehículos son sensiblemente mayores, debido a la masa de los mismos. Por esto, se podría abrir una línea de investigación completamente nueva en torno a estos vehículos, en temas como la certificación y forma de poner a prueba sus emisiones, así como innovación tecnológica por parte de los fabricantes para reducir el consumo de sus vehículos.
- 8) El método empleado en este TFG de cálculo de huella de carbono emplea un dato de consumo medio de vehículo aportado por fabricantes o sacado de guías del sector. Este método, por tanto, no es sensible ante la mejora en los hábitos y

conducta al volante citados anteriormente. En cambio, con la incorporación de la base de datos también mencionada, se contribuiría a aumentar la precisión del método de cálculo de la huella de carbono considerablemente.

## Capítulo 10: Presupuesto

A continuación se describirá el presupuesto para la realización de este trabajo. El documento se considerará una labor de consultoría. Se tendrán en cuenta las horas trabajadas por parte de un único ingeniero, con sueldo de consultor junior o recién titulado, así como los costes asociados a todo tipo de material empleado.

**Tabla 33: Resumen de presupuesto del proyecto.**

Actividad	Obtención del coste	Coste total
Labor de consultoría	- Trabajo de consultor en jornada completa (8horas/día) - Duración del proyecto: 60 días laborales - Sueldo de consultor junior: 18 € /hora	8.640€
Utilización de software	- Licencia de paquete de Microsoft Office (Word, Excel, Power Point): 60€ anuales	60€
Documentación consultada	- Libros: 200€ - Documentación online: 100€	300€
<b>COSTE TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>9.000€</b>

## Bibliografía

- [1] El sector del transporte y la logística en España, «Conferación Española de Organizaciones Empresariales,» 2013. [En línea]. Available: [www.ceoe.es](http://www.ceoe.es).
- [2] F. Cetmo, «El transporte en España, un sector estratégico,» ministerio de Fomento , Madrid, 2015.
- [3] Eldiario.es, «El problema del diésel en Europa: demasiados vehículos, muy contaminantes y controles dudosos,» 24 septiembre 2015. [En línea]. Available: [http://www.eldiario.es/sociedad/contaminacion-calidad\\_del\\_aire-diésel-volkswagen\\_0\\_434306904.html](http://www.eldiario.es/sociedad/contaminacion-calidad_del_aire-diésel-volkswagen_0_434306904.html). [Último acceso: 13 junio 2016].
- [4] Organización Mundial de la Salud, «Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre,» Ediciones de la OMS, Ginebra, 2005.
- [5] Panel intergubernamental del Cambio Climático, «Cambio Climático 2007: Informe de síntesis,» IPCC, Ginebra, 2007.
- [6] Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, «United Nations Framework Convention on Climate Change,» 1992. [En línea]. Available: [unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf](http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf). [Último acceso: 16 junio 2016].
- [7] Panel intergubernamental sobre el Cambio Climático, IPCC, «IPCC,» 2007. [En línea]. Available: [https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/es/faq-6-1.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/faq-6-1.html). [Último acceso: 16 junio 2016].
- [8] VeoVerde.com, «Estudio afirma que el cambio climático es natural, nosotros lo potenciamos,» septiembre 2013. [En línea]. Available: <https://www.veoverde.com/2013/09/estudio-afirma-que-el-cambio-climatico-es-natural-nosotros-lo-potenciamos/>. [Último acceso: 17 junio 2016].
- [9] European Commision , «European Commission: Climate Action,» 2016. [En línea]. Available: [http://ec.europa.eu/clima/change/causes/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/change/causes/index_en.htm). [Último acceso: 17 junio 2016].
- [10] El mundo.es, «2°C: El punto crítico de nuestro planeta,» 23 noviembre 2015. [En línea]. Available: <http://www.elmundo.es/ciencia/2015/11/23/5652077022601da2708b4653.html>. [Último acceso: 20 junio 2016].
- [11] El Confidencial, «El límite de los 2°C contra el cambio climático: un objetivo "inútil" si no se actúa ya,» 7 diciembre 2015. [En línea]. Available: [http://www.elconfidencial.com/tecnologia/2015-12-07/la-cumbre-del-cambio-climatico-esta-basada-en-un-objetivo-inutil-si-no-se-actua\\_1114187/](http://www.elconfidencial.com/tecnologia/2015-12-07/la-cumbre-del-cambio-climatico-esta-basada-en-un-objetivo-inutil-si-no-se-actua_1114187/). [Último acceso: 20 junio 2016].
- [12] Centro internacional para la investigación del fenómeno de El Niño, CIIFEN, «Ciifen.org,» 2011. [En línea]. Available: [http://www.ciifen.org/index.php%3Foption%3Dcom\\_content%26view%3Dcategory%26layout%3Dblog%26id%3D99%26Itemid%3D132%26lang%3Des](http://www.ciifen.org/index.php%3Foption%3Dcom_content%26view%3Dcategory%26layout%3Dblog%26id%3D99%26Itemid%3D132%26lang%3Des). [Último acceso: 21 junio 2016].
- [13] IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, «www.ipcc.ch,» [En línea]. Available: [https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/es/tssts-2-1.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/tssts-2-1.html).

- [14] EU European Comission, «Comprender los gases de efecto invernadero,» [En línea]. Available: [ec.europa.eu/clima/sites/campaign/pdf/gases\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/clima/sites/campaign/pdf/gases_es.pdf). [Último acceso: 15 Julio 2016].
- [15] Facts, Green, «Potencial de calentamiento global,» [En línea]. Available: <http://www.greenfacts.org/es/glosario/pqrs/potencial-calentamiento-global.htm>. [Último acceso: 21 Julio 2016].
- [16] IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. [En línea]. Available: [https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/es/faq-10-3.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/faq-10-3.html). [Último acceso: 17 Julio 2016].
- [17] Oficina regional para América Latina y el Caribe del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, «pnuma.org,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.pnuma.org/ozono/Ciencias.php>. [Último acceso: 3 julio 2016].
- [18] Global, Cambio Climático, «Consecuencias del Cambio Climático,» 2016. [En línea]. Available: <http://cambioclimaticoglobal.com/consecuencias-del-cambio-climatico>. [Último acceso: 3 julio 2016].
- [19] Ecosistemas y tú, «Ecosistemasytú.wordpress,» [En línea]. Available: <https://ecosistemasytu.wordpress.com/efecto-del-cambio-climatico-en-un-ecosistema/>.
- [20] ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, «Impactos del Cambio Climático en la Salud,» ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, Madrid.
- [21] Change, Care Climate, «Vulnerabilidad al cambio climático,» [En línea]. Available: [http://www.careclimatechange.org/tk/integration/es/conceptos\\_clave/vulnerabilidad\\_al\\_cambio\\_climatico.html](http://www.careclimatechange.org/tk/integration/es/conceptos_clave/vulnerabilidad_al_cambio_climatico.html). [Último acceso: 4 julio 2016].
- [22] ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, «¿Qué es el cambio climático y como nos afecta?,» [En línea]. Available: <http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/que-es-el-cambio-climatico-y-como-nos-afecta/>. [Último acceso: 4 julio 2016].
- [23] Mancha, Universidad de Castilla La, «Principales conclusiones de la evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático,» ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 2005.
- [24] AEMET Agencia Estatal de Metereología, «www.aemet.es,» [En línea]. Available: [http://www.aemet.es/es/idi/clima/registros\\_climaticos](http://www.aemet.es/es/idi/clima/registros_climaticos). [Último acceso: 29 Julio 2016].
- [25] ambiental, Organización Panamericana de la Salud: Área de desarrollo sostenible y salud, «Impacto del cambio climático en España: principales conclusiones».
- [26] N. Geographic, «El aumento del nivel del mar,» [En línea]. Available: <http://www.nationalgeographic.es/el-oceano/cuestiones-criticas-sobre-el-problema-del-aumento-del-nivel-del-agua/cuestiones-criticas-sobre-el-problema-del-aumento-del-nivel-del-agua>. [Último acceso: 6 julio 2016].
- [27] Change, Cultural Climate, «Cambio Climático; como afecta a la sociedad,» [En línea]. Available: [http://culturalclimatechange.blogspot.com.es/2011/10/articulo-cientifico-cambio-climatico\\_22.html](http://culturalclimatechange.blogspot.com.es/2011/10/articulo-cientifico-cambio-climatico_22.html).
- [28] P. Terramo, «Cambio Climático.org,» [En línea]. Available: <http://www.cambioclimatico.org/contenido/el-40-de-la-poblacion-adulta-mundial-nunca-ha-oido-hablar-del-cambio-climatico>. [Último acceso: 8 Julio 2016].

- [29] Centro de Investigaciones Sociológicas, «[www.cis.es](http://www.cis.es),» 13 Mayo 2010. [En línea]. Available: [http://www.cis.es/cis/opencm/ES/1\\_encuestas/estudios/ver.jsp?estudio=11404](http://www.cis.es/cis/opencm/ES/1_encuestas/estudios/ver.jsp?estudio=11404). [Último acceso: 20 Agosto 2016].
- [30] Price Waterhouse Coopers, «Cambio Climático: Oportunidades y riesgos. La visión de las empresas mexicanas,» Propia, México, 2009.
- [31] Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, «[magrama.gob.es](http://magrama.gob.es),» [En línea]. Available: <http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/organismos-e-instituciones-implicados-en-la-lucha-contr-el-cambio-climatico-a-nivel-nacional/>. [Último acceso: 9 Julio 2016].
- [32] Ecología Hoy, «Conferencia de Estocolmo,» 11 Junio 2011. [En línea]. Available: <http://www.ecologiahoy.com/conferencia-de-estocolmo>. [Último acceso: 10 Julio 2016].
- [33] International Institute of Environment and Development, «IIED's founder: Barbara Ward,» 20 Agosto 2014. [En línea]. Available: <http://www.iied.org/iied-founder-barbara-ward>. [Último acceso: 10 Julio 2016].
- [34] World Metrological Organization, «[www.wmo.int](http://www.wmo.int),» [En línea]. Available: [http://www.wmo.int/pages/index\\_es.html](http://www.wmo.int/pages/index_es.html). [Último acceso: 10 Julio 2016].
- [35] International Panel on Climate Change, «[www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch),» Julio 2016. [En línea]. Available: <https://www.ipcc.ch/organization/organization.shtml>. [Último acceso: 12 Julio 2016].
- [36] Organización de Naciones Unidas, «Protocolo de Kioto,» 1998. [En línea]. Available: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>. [Último acceso: 22 julio 2016].
- [37] Organizacion de Naciones Unidas, «Conferencia de las Partes, Cumbre de París,» noviembre 2015. [En línea]. Available: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/109s.pdf>. [Último acceso: 22 julio 2016].
- [38] Consejo Europeo, «Consejo Europeo de Bruselas 8 y 9 de marzo de 2007,» marzo 2007. [En línea]. Available: [http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms\\_data/docs/pressdata/es/ec/93146.pdf](http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/es/ec/93146.pdf). [Último acceso: 23 julio 2016].
- [39] Unión Europea, «EurLex.com,» 1970. [En línea]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=URISERV%3A121047>. [Último acceso: 23 julio 2016].
- [40] Unión Europea, «EurLex.com,» 20 junio 2007. [En línea]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex:32007R0715>. [Último acceso: 24 julio 2016].
- [41] E. E. Agency, «Explaining road transport emissions,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.eea.europa.eu/publications/explaining-road-transport-emissions>. [Último acceso: 17 Agosto 2016].
- [42] Unión Europea, «Actualidad y prensa de la Unión Europea,» septiembre 2015. [En línea]. Available: [http://ec.europa.eu/spain/actualidad-y-prensa/noticias/medio-ambiente/emisiones-diésel\\_es.htm](http://ec.europa.eu/spain/actualidad-y-prensa/noticias/medio-ambiente/emisiones-diésel_es.htm). [Último acceso: 24 julio 2016].
- [43] Unión Europea, «Acción por el Clima,» [En línea]. Available:



- [http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050/index\\_es.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050/index_es.htm). [Último acceso: 25 julio 2016].
- [44] Unión Europea, «Comunicación de la Comisión al Consejo al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, Hoja de Ruta de la Energía 2050,» diciembre 2011. [En línea]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:52011DC0885>. [Último acceso: 25 julio 2016].
  - [45] Grupo de empresas Carman, «[www.grupocarman.com](http://www.grupocarman.com),» 2015 Octubre 2015. [En línea]. Available: <http://grupocarman.com/blog/motores-de-combustion-interna-y-externa/>. [Último acceso: 13 Julio 2016].
  - [46] D. G. Calleja, Motores térmicos y sus sistemas auxiliares, Madrid: Paraninfo, 2012.
  - [47] J. S. Miguel, A Punto: Fichero práctico del automóvil, Madrid: Sarpe.
  - [48] R. Fersainz, «Mecánica básica: ¿Cómo funciona un motor de coche?,» 8 Abril 2011. [En línea]. Available: <http://www.autobild.es/practicos/como-funciona-motor-coche-286423>. [Último acceso: 20 Julio 2016].
  - [49] Daniel Agudo, «Tracción delante vs tracción trasera,» [En línea]. Available: <http://revistamotor.eu/index.php/de-calle/mecanica/1033-traccion-delantera-vs-traccion-trasera>. [Último acceso: 29 Julio 2016].
  - [50] RCL Racing Web Automovil, «Orientación y posición del motor,» [En línea]. Available: <http://rclracingweb-automovil.webnode.es/motor/orientacion-y-posicion/>.
  - [51] ElEconomista, «España, cuarto país con más coches por habitantes por delante de Japón o EEUU,» 21 Agosto 2012. [En línea]. Available: <http://www.eleconomista.es/ecomotor/motor/noticias/4196558/08/12/Espana-cuarto-pais-con-mas-coches-por-habitantes-por-delante-de-japon-o-eeuu.html>. [Último acceso: 25 Junio 2016].
  - [52] Luis Hernández, «Aumentan las ventas de autos a nivel mundial durante 2016,» 28 Junio 2016. [En línea]. Available: <http://noticias.espanol.autocosmos.com/2016/06/28/aumentan-las-ventas-de-autos-a-nivel-mundial-durante-2016>. [Último acceso: 2 Agosto 2016].
  - [53] Sostenibilidad.com, «La contaminación del aire urbano, un grave problema,» [En línea]. Available: <http://www.sostenibilidad.com/contaminacion-aire-urbano>. [Último acceso: 4 Agosto 2016].
  - [54] Ecologistas en Acción, «Causas de la contaminación del aire,» Agosto 2006. [En línea]. Available: <http://www.ecologistasenaccion.org/spip.php?article5681>. [Último acceso: 4 Agosto 2016].
  - [55] Avwc, «Historia del Volkswagen,» [En línea]. Available: [www.avwc.org/castellana/historiavw.htm](http://www.avwc.org/castellana/historiavw.htm).
  - [56] Autobild.es, «Historia de Volkswagen,» [En línea]. Available: <http://www.autobild.es/coches/volkswagen/historia>.
  - [57] Volkswagen.es, «[www.volkswagen.es](http://www.volkswagen.es),» [En línea]. Available: [http://comunicacion.volkswagen.es/historia/1970-1979/1970-1979\\_\\_810-815-c-25764\\_\\_.html](http://comunicacion.volkswagen.es/historia/1970-1979/1970-1979__810-815-c-25764__.html).
  - [58] Teknikensvarld.es, «[teknikensvarld.se](http://teknikensvarld.se),» [En línea]. Available: <http://teknikensvarld.se/>.
  - [59] El País, «Volkswagen alcanza un récordde ventas en 2011,» 29 Enero 2011. [En línea].

- Available:  
[http://economia.elpais.com/economia/2009/01/11/actualidad/1231662773\\_850215.html](http://economia.elpais.com/economia/2009/01/11/actualidad/1231662773_850215.html).  
 [Último acceso: 5 Agosto 2016].
- [60] El País, «Volkswagen Audi España facturó un 19% más en 2015 y eleva sus ventas un 18% sus entregas de vehículos,» 11 Enero 2010. [En línea]. Available:  
<http://expansion.mx/negocios/2010/01/11/volkswagen-eleva-sus-ventas-11-en-2009>.  
 [Último acceso: 5 Agosto 2016].
  - [61] ElEconomista, «Mejoran las ventas de VW en 2010,» 2011 Enero 2011. [En línea]. Available: <http://eleconomista.com.mx/industria-global/2011/01/10/mejoran-las-ventas-vw-2010>. [Último acceso: 5 Agosto 2016].
  - [62] EL País, «Cifras de ventas de Volkswagen 2015,» 9 Enero 2012. [En línea]. Available: [://economia.elpais.com/economia/2012/01/09/actualidad/1326097985\\_850215.html](http://economia.elpais.com/economia/2012/01/09/actualidad/1326097985_850215.html). [Último acceso: 6 Agosto 2016].
  - [63] El País, «Volkswagen bate su récord mundial e incrementa ventas un 11,2% en 2012,» Enero14 2013. [En línea]. Available:  
[http://economia.elpais.com/economia/2013/01/14/agencias/1358149713\\_681413.html](http://economia.elpais.com/economia/2013/01/14/agencias/1358149713_681413.html).  
 [Último acceso: 7 Agosto 2016].
  - [64] Diario ABC, «Volkswagen bate su record de ventas en 2013, un 5% más que el año anterior,» 11 Enero 2014. [En línea]. Available:  
<http://www.abc.es/economia/20140111/abci-volkswagen-record-ventas-2013-201401111201.html>. [Último acceso: 7 Agosto 2016].
  - [65] El País, «La ventas mundiales del grupo Volkswagen caen un 2% en 2015,» 8 Enero 2016. [En línea]. Available:  
[http://economia.elpais.com/economia/2016/01/08/actualidad/1452283225\\_892763.html](http://economia.elpais.com/economia/2016/01/08/actualidad/1452283225_892763.html).  
 [Último acceso: 7 Agosto 2016].
  - [66] ElMundo.es, «Las claves del escándalo de las emisiones de Volkswagen,» 23 Septiembre 2015. [En línea]. Available:  
<http://www.elmundo.es/motor/2015/09/22/56015dafca47419f798b4589.html>. [Último acceso: 29 Julio 2016].
  - [67] El País, «Bruselas urge a los Gobiernos a que investiguen el caso Volkswagen,» 24 Septiembre 2015. [En línea]. Available:  
[http://economia.elpais.com/economia/2015/09/24/actualidad/1443097027\\_020028.html](http://economia.elpais.com/economia/2015/09/24/actualidad/1443097027_020028.html).  
 [Último acceso: 8 Agosto 2016].
  - [68] El Mundo, «Las claves del escándalo de las emisiones de Volkswagen,» 23 Septiembre 2015. [En línea]. Available:  
<http://www.elmundo.es/motor/2015/09/22/56015dafca47419f798b4589.html>. [Último acceso: 8 Agosto 2016].
  - [69] Theverge, «www.theverge.com,» [En línea]. Available: <http://www.theverge.com/>.
  - [70] El País, «Así falseaba Volkswagen las emisiones,» 24 Septiembre 2015. [En línea]. Available: [http://elpais.com/elpais/2015/09/22/media/1442937334\\_480993.html](http://elpais.com/elpais/2015/09/22/media/1442937334_480993.html). [Último acceso: 8 Agosto 2016].
  - [71] El País, «Volkswagen trucó sus coches para evitar los límites a las emisiones,» 19 Septiembre 2015. [En línea]. Available:  
[http://economia.elpais.com/economia/2015/09/18/actualidad/1442597112\\_006058.html](http://economia.elpais.com/economia/2015/09/18/actualidad/1442597112_006058.html).

- [Último acceso: 9 Agosto 2016].
- [72] El Mundo, «Volkswagen pierde el Bolsa más de 25.000 millones en sólo dos sesiones y arrastra a todo el sector europeo,» 22 Septiembre 2015. [En línea]. Available: <http://www.elmundo.es/economia/2015/09/22/560148d322601d68278b459c.html>. [Último acceso: 28 Julio 2016].
- [73] El País, «El escándalo de Volkswagen crece y afecta ya a más de 11 millones de vehículos,» 23 Septiembre 2015. [En línea]. Available: [http://economia.elpais.com/economia/2015/09/22/actualidad/1442917192\\_752977.html](http://economia.elpais.com/economia/2015/09/22/actualidad/1442917192_752977.html). [Último acceso: 10 Agosto 2016].
- [74] E. y. T. Ministerio de Industria, «El ministerio de Industria, Energía y Turismo expresa a Volkswagen su preocupación,» 23 Septiembre 2015. [En línea]. Available: <http://www.minetur.gob.es/es-ES/GabinetePrensa/NotasPrensa/2015/Paginas/20150923-Industria-expresa-Volkswagen-preocupaci%C3%B3n.aspx>. [Último acceso: 11 Agosto 2016].
- [75] El País, «Soria pregunta a Volkswagen cuántos coches trucados hay en España,» 23 Septiembre 2015. [En línea]. Available: [http://economia.elpais.com/economia/2015/09/23/actualidad/1443020855\\_970125.html](http://economia.elpais.com/economia/2015/09/23/actualidad/1443020855_970125.html). [Último acceso: 11 Agosto 2016].
- [76] El País, «Seat montó más de 500.000 de los motores diésel investigados,» 24 Septiembre 2015. [En línea]. Available: [http://economia.elpais.com/economia/2015/09/23/actualidad/1443034983\\_216197.html](http://economia.elpais.com/economia/2015/09/23/actualidad/1443034983_216197.html). [Último acceso: 12 Julio 2016].
- [77] El País, «www.elpais.com,» 29 Septiembre 2015. [En línea]. [Último acceso: 11 Agosto 2016].
- [78] El País, «Seat admite que montó 700.000 de los motores diésel investigados,» 29 Septiembre 2015. [En línea]. Available: [www.elpais.com/economia/2015/09/29/actualidad/1443524018\\_643862.html](http://www.elpais.com/economia/2015/09/29/actualidad/1443524018_643862.html). [Último acceso: 12 Agosto 2016].
- [79] El País, «Volkswagen cifra en 683.626 los coches afectados en España,» 4 Octubre 2015. [En línea]. Available: [http://economia.elpais.com/economia/2015/09/30/actualidad/1443640184\\_946486.html](http://economia.elpais.com/economia/2015/09/30/actualidad/1443640184_946486.html). [Último acceso: 13 Agosto 2016].
- [80] Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes, «www.prtr-es.es,» [En línea]. Available: <http://www.prtr-es.es/NOx-oxidos-de-nitrogeno,15595,11,2007.html>.
- [81] El País, «www.elpais.com,» 4 Noviembre 2015. [En línea]. Available: [http://economia.elpais.com/economia/2015/11/03/actualidad/1446581433\\_137886.html](http://economia.elpais.com/economia/2015/11/03/actualidad/1446581433_137886.html). [Último acceso: 13 Agosto 2016].
- [82] Diario 20 Minutos, «www.20minutos.es,» 4 Noviembre 2015. [En línea]. Available: <http://www.20minutos.es/noticia/2596597/0/seat-vendio/modelos-exceso/co2/>. [Último acceso: 13 Agosto 2016].
- [83] Diario 20 Minutos, «Las claves del nuevo fraude de Volkswagen: el engaño escala a la gasolina y a la emisión de CO<sub>2</sub>,» 5 Noviembre 2015. [En línea]. Available: <http://www.20minutos.es/noticia/2597161/0/claves-nuevo-fraude/volkswagen-co2/impacto-emisiones/>. [Último acceso: 14 Agosto 2016].

- [84] El País, «Volkswagen admite fraude en otros 50.000 coches en España,» 5 Noviembre 2015. [En línea]. Available: [http://economia.elpais.com/economia/2015/11/04/actualidad/1446662470\\_695902.html](http://economia.elpais.com/economia/2015/11/04/actualidad/1446662470_695902.html). [Último acceso: 13 Agosto 2016].
- [85] El País, «30.000 coches de Volkswagen emiten Co2 de más en España,» 16 Noviembre 2015. [En línea]. Available: [http://economia.elpais.com/economia/2015/11/17/actualidad/1447763415\\_256410.html](http://economia.elpais.com/economia/2015/11/17/actualidad/1447763415_256410.html). [Último acceso: 15 Agosto 2016].
- [86] El Mundo, «Volkswagen dice que el fraude del CO2 afecta a sólo 36.000 coches,» 9 Diciembre 2015. [En línea]. Available: <http://www.elmundo.es/motor/2015/12/09/566820c2268e3ef73a8b45bf.html>. [Último acceso: 15 Agosto 2016].
- [87] El País, «Volkswagen rebaja el impacto de las emisiones de Co2,» 10 Diciembre 2015. [En línea]. Available: [http://economia.elpais.com/economia/2015/12/09/actualidad/1449659769\\_602186.html](http://economia.elpais.com/economia/2015/12/09/actualidad/1449659769_602186.html). [Último acceso: 15 Agosto 2016].
- [88] El País, «Europa certifica el fracaso de las pruebas de emisiones de coches,» 28 Enero 2016. [En línea]. Available: [http://economia.elpais.com/economia/2016/01/27/actualidad/1453899817\\_903953.html](http://economia.elpais.com/economia/2016/01/27/actualidad/1453899817_903953.html). [Último acceso: 15 Agosto 2016].
- [89] Fundación para la salud geoambiental, «Material particulado,» [En línea]. Available: <http://www.saludgeoambiental.org/material-particulado>. [Último acceso: 17 Agosto 2016].
- [90] El País, «Mitsubishi admite que falseó las cifras de consumo en más de 600.000 vehículos,» 20 Abril 2016. [En línea]. Available: [http://economia.elpais.com/economia/2016/04/20/actualidad/1461140483\\_686285.html](http://economia.elpais.com/economia/2016/04/20/actualidad/1461140483_686285.html). [Último acceso: 18 Agosto 2016].
- [91] Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, «www.magrama.gob.es,» Abril 2015. [En línea]. Available: [www.magrama.gob.es/es/cambio...y.../guia\\_huella\\_carbono\\_v2\\_tcm7-379901.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/cambio...y.../guia_huella_carbono_v2_tcm7-379901.pdf).
- [92] A. y. M. A. Ministerio de Agricultura, «Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de España Años 1990-2011,» 2013.
- [93] Dirección General de Tráfico, «Dirección General de Tráfico: Parque de vehículos,» [En línea]. Available: <http://www.dgt.es/es/explora/en-cifras/parque-de-vehiculos.shtml>.
- [94] J. G. Pérez, «Indicador kilómetros-vehículo recorridos,» Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo México, México, 2012.
- [95] Instituto Nacional de Estadística, «Encuesta de hogares y medio ambiente 2008. Viviendas. Hábitos y dispositivos: Energía,» 2008. [En línea]. Available: <http://www.ine.es/dynt3/inebase/index.htm?type=pcaxis&path=/t25/p500/2008/p01/&file=pcaxis>. [Último acceso: 25 Junio 2016].
- [96] Audatex, «El envejecimiento del parque reducirá un 11% el rodaje medio de los vehículos en 2017,» 4 Julio 2014. [En línea]. Available: <http://www.ioncomunicacion.es/noticia.php?id=%2015818>. [Último acceso: 5 Junio 2016].

- 2016].
- [97] Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, «[www.idae.es](http://www.idae.es),» [En línea]. Available: <http://coches.idae.es/portal/BaseDatos/MarcaModelo.aspx>.
  - [98] Energía, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la, «Guía Para la Gestión del Combustible en las Flotas de Transporte por Carretera,» Madrid, 2006.
  - [99] M. d. Fomento, «Estudio de Costes del Transporte de Mercancías por Carretera,» Ministerio de Fomento, Madrid, 2008.
  - [100] AOGLP, «¿Qué es GLP?,» [En línea]. Available: <http://www.aoglp.com/gpl/que-es/>.
  - [101] Gas Natural Fenosa, «¿Cómo funcionan los vehículos a gas?,» [En línea]. Available: <http://www.gasnaturalfenosa.es/es/conocenos/eficiencia+y+bienestar/en+el+transporte/vehiculos+a+gas/1297154967014/como+funcionan.html>. [Último acceso: 5 Septiembre 2016].
  - [102] Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (IDAE) , «Nuevos combustibles y tecnologías de propulsión: Situación y perspectivas para la automoción,» Madrid, 2008.
  - [103] Asociación Nacional de Vendedores de Vehículos a Motor, Reparación y Recambios, «[www.ganvam.es](http://www.ganvam.es),» [En línea]. Available: <http://www.ganvam.es/l-parque-vehiculos-espana-se-estanca-envejece-crisis-segun-anfac>.
  - [104] TNS, «Balance del sector automoción y perspectivas para 2014,» 26 Marzo 2014. [En línea]. Available: ] <http://blogs.tnsglobal.com/automocion/2014/03/balance-del-sector-automocion-y-perspectivas-para-2014.html>.
  - [105] R. Fersainz, «[www.autobild.es](http://www.autobild.es),» 8 Agosto 2016. [En línea]. Available: <http://www.autobild.es/practicos/como-funciona-motor-coche-286423>. [Último acceso: 15 Agosto 2016].